

Automação Industrial

Prof.: Antonio Jose R S Cruz

3 de março de 2008

Sumário

1	CONCEITOS BÁSICOS DE AUTOMAÇÃO	5
1.1	Comando	5
1.2	Sinais	6
1.3	Cadeia de comando	8
1.4	Atuadores	9
2	TRANSDUTORES E SENSORES	10
3	PNEUMÁTICA	18
3.1	Vantagens	18
3.2	Desvantagens	19
3.3	Fundamentos físicos:	19
3.3.1	Fluido:	19
3.3.2	Força e Pressão:	20
3.3.3	Propriedades do ar:	20
3.3.4	Efeitos do calor sobre o ar:	21
3.4	Transferência de energia para o fluido	22
3.4.1	Geração de pressão	22
3.4.1.1	Preparação do ar comprimido	24
3.4.2	Tubulação:	27
3.5	Atuadores	28
3.5.1	Atuador Linear	28
3.5.2	Atuador Rotativo	31
3.6	Válvulas	33
4	CIRCUITOS PNEUMÁTICOS	37
4.1	Simbologia	37
4.1.1	Válvulas direcionais	37
4.1.1.1	Acionamentos	38
4.1.2	Fonte de pressão	41
4.2	Comandos pneumáticos básicos	41
4.2.1	Cilindro de simples ação	41
4.2.1.1	Comando alternativo	41
4.2.1.2	Comando simultâneo	42
4.2.2	Cilindro de dupla ação	42
4.3	Controle de velocidade	43
4.3.1	Cilindros de simples ação:	43
4.3.2	Cilindros de dupla ação	44

4.4	Comando indireto	44
5	ELETROPNEUMÁTICA	45
5.0.1	Botões de comando:	45
5.0.2	Relés	45
5.0.3	Acionamento elétrico para válvulas direcionais	46
5.1	Comandos eletropneumáticos básicos	47
5.1.1	Comando de um cilindro de simples ação	47
5.1.2	Comando de um cilindro de dupla ação	47
6	HIDRÁULICA	50
6.0.3	Geração de vazão: hidráulica	51
7	COMANDOS HIDRÁULICOS BÁSICOS	55
7.1	Comando de um cilindro de simples ação	56
7.2	Comando de um cilindro de dupla ação	56
7.2.1	Com válvula direcional 4/2	56
7.2.2	Com válvula direcional 4/3	57
8	CLP-CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS	60
8.1	Módulos de entrada	61
8.2	Módulos de saída	61
8.3	Programação	62
8.3.1	Instruções	62
8.4	Módulos de programação	63
9	COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO	66
9.1	Introdução	66
9.2	CN ou CNC?	67
9.3	Tipos de equipamento de usinagem com comando numérico	68
9.4	Programação e operação	68
9.4.1	Os eixos nas máquinas CNC	71
9.4.1.1	Definição dos eixos:	71
9.4.2	Coordenadas	73
9.4.2.1	Sistema de Coordenadas Absoluto	74
9.4.2.2	Sistema de Coordenadas Incremental	75
9.4.2.3	Ponto zero da máquina(M)	75
9.4.2.4	Ponto zero da peça(W)	76
9.4.2.5	Ponto de referência(R)	76
9.4.3	O programa	77
9.4.3.1	Estrutura do programa	77
9.4.3.2	Funções	78
9.4.3.3	Tipos de funções	78
9.4.4	Funções G	83

10 ROBÓTICA	85
10.1 Histórico	85
10.2 Robôs manipuladores	86
10.3 Estruturas dos Robôs Manipuladores	87
10.4 Graus de liberdade	88
10.5 Espaço de trabalho	89
10.6 Anatomia dos manipuladores	90
10.6.1 Manipuladores Cartesianos	91
10.6.2 Manipuladores Cilíndricos	91
10.6.3 Manipuladores Esféricos	92
10.6.4 Manipuladores de Revolução	92

INTRODUÇÃO

A competitividade do mercado mundial imposta pela globalização tem obrigado as empresas a uma constante busca pela qualidade e produtividade. Isto leva a procura por soluções tecnológicas com o objetivo de melhorar qualitativamente e quantitativamente a produção.

É neste contexto que a automação surge como uma das principais soluções.

Hoje tornou-se parte da rotina industrial, máquinas automáticas que não só substituem a força muscular do homem como possuem a capacidade de decidir e corrigir seus erros.

Dentre os argumentos em favor da automação podemos citar:

- a substituição do ser humano em tarefas de alto risco e sujeitas a intoxicações, radiações e etc..;
- a substituição do ser humano em tarefas repetitivas e cansativas por longos períodos que levam à fadiga física e psicológica;
- a garantia da qualidade principalmente em operações complexas e de alta precisão;
- a fácil modificação das seqüências de operações através da utilização de programas.

AUTOMAÇÃO é um sistema de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, quase sem a intervenção do homem.

Automação é diferente de mecanização. A mecanização consiste simplesmente no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo assim o esforço físico do homem. Já a automação possibilita fazer um trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente. Automação é o conjunto das técnicas baseadas em máquinas e programas com objetivo de executar tarefas previamente programadas pelo homem e de controlar seqüências de operações sem a intervenção humana.

Um pouco de história

As primeiras iniciativas do homem para mecanizar atividades manuais ocorreram na pré-história. Invenções como a roda, o moinho movido por vento ou força animal e as rodas d'água demonstram a criatividade do homem para poupar esforço.

Porém, a automação só ganhou destaque na sociedade quando o sistema de produção agrário e artesanal transformou-se em industrial, a partir da segunda metade do século XVIII, inicialmente na Inglaterra.

Os sistemas inteiramente automáticos surgiram no início do século XX. Entretanto, bem antes

disso foram inventados dispositivos simples e semiautomáticos.

Por volta de 1788, James Watt desenvolveu um mecanismo de regulação do fluxo de vapor em máquinas. Isto pode ser considerado um dos primeiros sistemas de controle com realimentação.

O regulador consistia num eixo vertical com dois braços próximos ao topo, tendo em cada extremidade uma esfera pesada. Quando a rotação aumentava, a força centrífuga atuando sobre as esferas força a haste para baixo restringindo a passagem de vapor reduzindo a velocidade. Com isso, a máquina funcionava de modo a regular-se sozinha, automaticamente, por meio de um laço de realimentação.

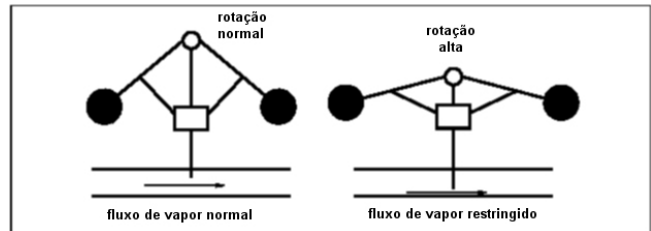


Figura 1: mecanismo de Watt

Uma das primeiras máquinas-ferramentas que se conhece é o Torno de abrir roscas, inventado em 1568, pelo engenheiro francês Jacques Benson. Mesmo sendo primitivo abria roscas com razoável precisão.

A máquina-ferramenta foi aprimorada até a concepção do comando numérico - CN. As máquinas comandadas numericamente viabilizam a fabricação de peças com geometria complexa por meio do recurso de programação eletrônica das seqüências de usinagem.

Com o advento dos microprocessadores o CN evoluiu para o Comando Numérico Computadorizado - CNC.

Simultaneamente às máquinas de controle numérico, foram desenvolvidos os robôs¹, que possuem o mesmo princípio de controle das máquinas-ferramentas CNC, mas sua estrutura mecânica é bastante diferente.

O uso dos computadores

A tecnologia da automação passou a contar com computadores, servomecanismos e controladores programáveis a partir do século XX. Atualmente, os computadores são o alicerce de toda a tecnologia da automação. A origem do computador está relacionada à necessidade de automatizar cálculos, evidenciada inicialmente no uso de ábacos pelos babilônios, entre 2000 e 3000 a.C.

Em seguida veio a régua de cálculo e, posteriormente, a máquina aritmética, que efetuava somas e subtrações por transmissões de engrenagens.

George Boole desenvolveu a álgebra booleana, que contém os princípios binários, posteriormente aplicados às operações internas de computadores.

Em 1880, Herman Hollerith criou um novo método, baseado na utilização de cartões perfurados, para automatizar algumas tarefas de tabulação do censo norte-americano. Os resultados do censo, que antes demoravam mais de dez anos para serem tabulados, foram obtidos em apenas seis semanas! O êxito intensificou o uso desta máquina que, por sua vez, norteou a criação da máquina IBM, bastante parecida com o computador.

Em 1946, foi desenvolvido o primeiro computador de grande porte, completamente eletrônico.

¹Do tcheco *robotta* que significa *escravo, trabalho forçado*

O Eniac, como foi chamado, ocupava mais de 180 m e pesava 30 toneladas. Funcionava com válvulas e relês que consumiam 150.000 watts de potência para realizar cerca de 5.000 cálculos aritméticos por segundo. Esta invenção caracterizou o que seria a primeira geração de computadores, que utilizava tecnologia de válvulas eletrônicas.

A segunda geração de computadores é marcada pelo uso de transistores(1952). Estes componentes não precisam se aquecer para funcionar, consomem menos energia e são mais confiáveis. Seu tamanho era cem vezes menor que o de uma válvula, permitindo que os computadores ocupassem muito menos espaço.

Com o desenvolvimento tecnológico, foi possível colocar milhares de transistores numa pastilha de silício de 1 cm, o que resultou no circuito integrado (CI). Os CIs deram origem à terceira geração de computadores, com redução significativa de tamanho e aumento da capacidade de processamento.

Em 1975, surgiram os circuitos integrados em escala muito grande (VLSI). Os chamados chips constituíram a quarta geração de computadores. Foram então criados os computadores pessoais, de tamanho reduzido e baixo custo de fabricação.

CAD/CAE/CAM

Nos anos 50, surge a idéia da computação gráfica interativa: forma de entrada de dados por meio de símbolos gráficos com respostas em tempo real.

O MIT(Instituto Tecnológico de Massachusetts) produziu figuras simples por meio da interface de tubo de raios catódicos (idêntico ao tubo de imagem de um televisor) com um computador. Em 1959, a GM começou a explorar a computação gráfica.

A década de 60 foi o período mais crítico das pesquisas na área de computação gráfica interativa. Na época, o grande passo da pesquisa foi o desenvolvimento do sistema sketchpad, que tornou possível criar desenhos e alterações de objetos de maneira interativa, num tubo de raios catódicos.

No início dos anos 60, o termo CAD (do inglês Computer Aided Design ou “Projeto Auxiliado por Computador”) começou a ser utilizado para indicar os sistemas gráficos orientados para projetos.

Nos anos 70, as pesquisas desenvolvidas na década anterior começaram a dar frutos. Setores governamentais e industriais passaram a reconhecer a importância da computação gráfica como forma de aumentar a produtividade.

Na década de 80, as pesquisas visaram à integração e/ou automatização dos diversos elemen-

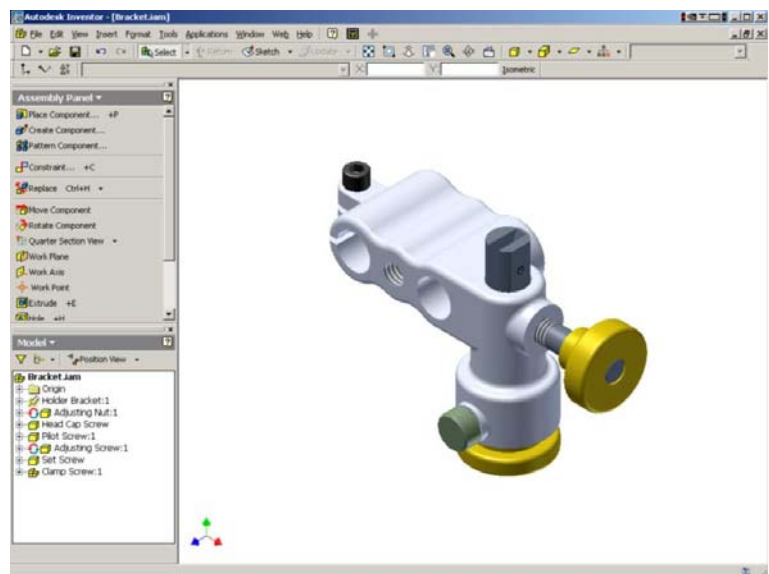


Figura 2: Autodesk Inventor R7

CAPÍTULO 1

CONCEITOS BÁSICOS DE AUTOMAÇÃO

Um sistema automático pode ser dividido em dois blocos principais: os elementos de comando e os atuadores.

Os atuadores são os componentes do sistema automático que transformam a energia em trabalho.

Os elementos de comando são os componentes que formam o comando propriamente dito.

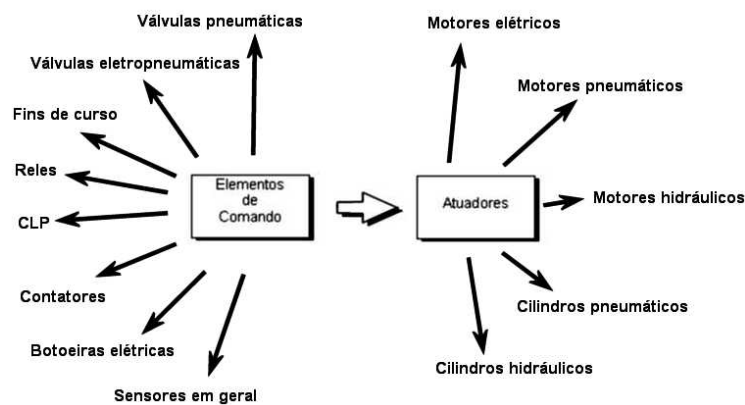


Figura 1.1: Comando

1.1 Comando

O comando constitui um conjunto de componentes que recebe as informações de entrada, processa-as e envia-as como informações de saída.

Um comando pode ser realizado **em malha aberta**, onde as variáveis de entrada fornecem informações para o comando que as processa, segundo sua construção interna e libera informações de saída para os elementos comandados (atuadores). Neste tipo de comando se ocorrer uma perturbação que altere o comportamento do sistema, este não teria como avaliar se a instrução foi executada corretamente. O comando continuaria a enviar as informações de saída baseado somente nas informações de entrada.

No comando em **em malha fechada** a variável controlada deve estar em torno de um valor previamente estabelecido. Neste tipo, as informações de saída não dependem só da construção interna do comando mas também das informações vindas do elemento comandado as quais são comparadas com as informações de entrada e se for necessário é feita a correção.

Exemplos: Embora as grandezas físicas não correspondam a este comportamento podemos ter algumas situações como a presença ou não de um objeto em determinado local ou um botão pressionado ou não, desligado ou ligado.

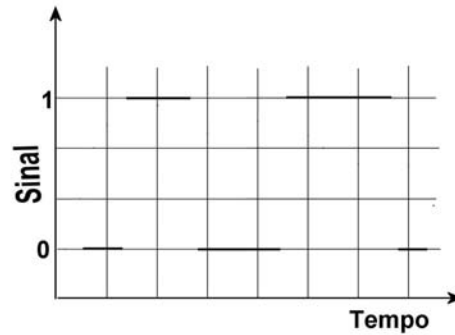


Figura 1.5: Sinal digital.

1.3 Cadeia de comando



O grupo dos elementos de comando formam a chamada cadeia de comando composta por:

- Elementos de entrada;
 - Sensores em geral;
 - * válvulas acionadas por botão , pedal ou alavanca;
 - * botoeiras elétricas;
 - * fins de curso;
 - * sensores ópticos, capacitivos e indutivos.
 - Portadores de programa: Cartões perfurados, fitas perfuradas, fitas magnéticas, memórias eletrônicas.
- Elementos de processamento de sinal;
 - válvulas pneumáticas e hidráulicas;
 - módulos eletrônicos;
 - contatores;
 - reles.
- Elementos de conversão de sinal;
 - Amplificadores ou intensificadores;
 - válvulas eletromagnéticas pneumáticas ou hidráulicas;
 - contatores de acionamento pneumático ou hidráulico;
 - pressostatos e transdutores em geral.
- Elementos de saída.
 - válvulas hidráulicas e pneumáticas;
 - contatores de potência.

1.4 Atuadores

Os elementos comandados são os atuadores. Neste grupo, estão:

- atuadores com acionamento linear:
 - cilindros: pneumáticos ou hidráulicos;
 - motores lineares
- atuadores com acionamento rotativo:
 - motores:
 - * pneumáticos;
 - * hidráulicos;
 - * elétricos
 - cilindros giratórios

TRANSDUTORES E SENSORES

Um *transdutor* é um dispositivo que recebe um sinal de entrada na forma de uma grandeza física e fornece um sinal de saída da mesma espécie ou diferente. Em geral, os transdutores transformam a informação da grandeza física, que corresponde ao sinal de entrada, em um sinal elétrico de saída. Por exemplo, um transdutor de pressão transforma a força exercida pela pressão numa tensão elétrica proporcional à pressão.

O sensor é a parte sensitiva do transdutor a qual, na maioria das vezes, se completa com um circuito eletrônico para a geração do sinal elétrico que depende do nível de energia da grandeza física que afeta o sensor. Ainda com relação ao exemplo do transdutor de pressão, o sensor seria apenas a membrana(diafragma) sobre a qual é exercida a pressão que se está monitorando.

Mas, o termo **Sensor** é usado como sendo o mesmo que **Transdutor**. Assim, adotaremos também esta postura no texto que se segue.

De acordo com o exposto, os sensores são como os órgãos dos sentidos dos sistemas de automação.

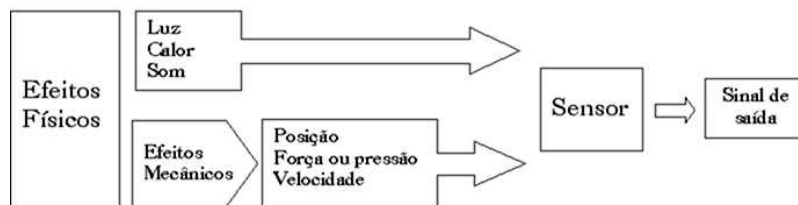


Figura 2.1: Os sensores transformam os efeitos físicos em sinais de saída.

Podemos classificar os diversos tipos de sensores de acordo com sua aplicação. Assim temos:

1. SENSORES DE PRESENÇA:

É comum, em sistemas automáticos, a necessidade de se saber a presença ou não de uma peça, de um componente de uma máquina, de uma parte de um robot manipulador em determinada posição.

Podem ser:

(a) MECÂNICOS OU DE CONTATO FÍSICO:

São os mais simples e são acionados por botões, alavancas, pinos, roletes e etc.. Os acionados por botões ou pedais são empregados geralmente para iniciar ou terminar o funcionamento.

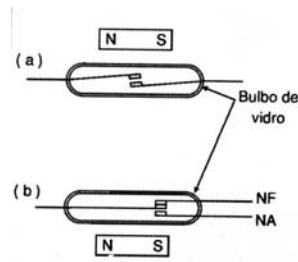


Figura 2.3: Sensor magnético (a)Tipo NA, (b) Tipo NA/NF

ii. SENSORES CAPACITIVOS:

O capacitor é um componente eletrônico composto de duas placas metálicas, colocadas uma sobre a outra e isoladas eletricamente, capaz de armazenar cargas elétricas. O isolante é chamado de dielétrico. A característica que define um capacitor é sua capacitância. A capacitância é diretamente proporcional à área das placas e da constante dielétrica do material isolante e inversamente proporcional à distância entre as placas.

O sensor capacitivo também possui duas placas mas estas ficam uma ao lado da outra e não uma sobre a outra como no capacitor. O dielétrico do sensor capacitivo é o ar cuja constante dielétrica é 1 (um). Quando um objeto, que possui constante dielétrica diferente, aproxima-se provoca a variação da sua capacitância.

Um circuito de controle detecta essa variação e processa essa informação.

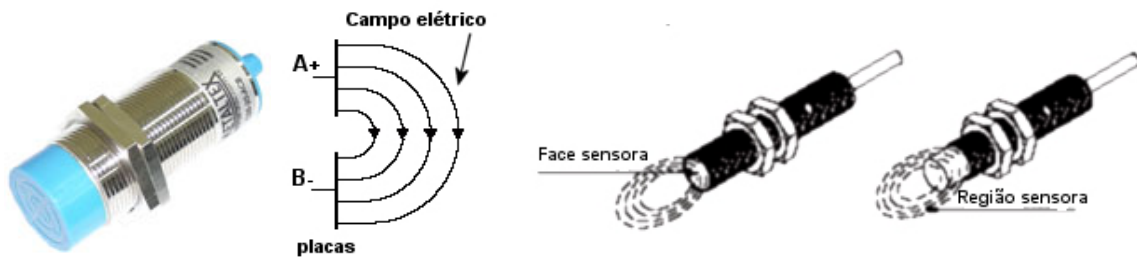


Figura 2.4: Sensor capacitivo

iii. **SENSORES INDUTIVOS:**

O indutor é um componente eletrônico composto de um núcleo envolto por uma bobina. Quando fazemos circular uma corrente pela bobina um campo magnético forma-se no núcleo. A característica que define um indutor é a sua **INDUTÂNCIA**.

Quando um objeto metálico aproxima-se deste campo, ele absorve parte deste campo provocando alteração na indutância.

Um circuito de controle detecta essa variação.

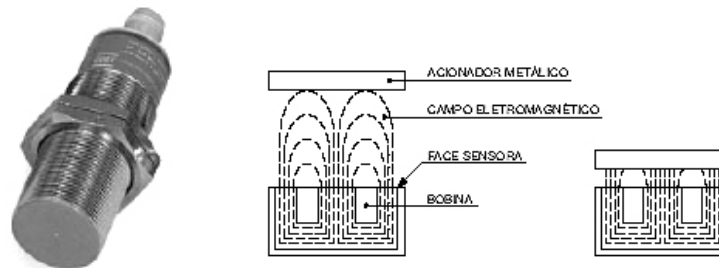


Figura 2.5: Sensor indutivo

iv. **SENSORES ÓPTICOS:**

Os sensores ópticos baseiam-se na emissão e recepção de luz que pode ser interrompida ou refletida pelo objeto a ser detectado. Existem três formas de operação:

A. **SENSOR ÓPTICO POR DIFUSÃO:**

Neste sistema o transmissor e o receptor são montados na mesma unidade. Sendo que o acionamento da saída ocorre quando o objeto a ser detectado entra na região de sensibilidade e reflete para o receptor o feixe de luz emitido pelo transmissor.

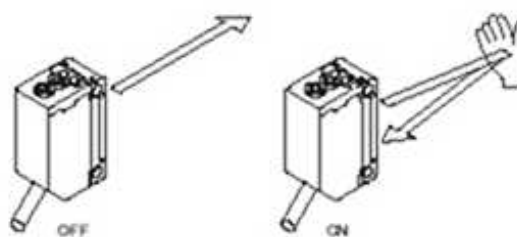


Figura 2.6: Sensor Óptico Por Difusão

B. **SENSOR ÓPTICO POR BARREIRA:**

O transmissor e o receptor estão em unidades distintas e devem ser dispostos um frente ao outro, de modo que o receptor possa constantemente receber a luz do transmissor. acionamento da saída ocorrerá quando o objeto a ser detectado interromper o feixe de luz.

C. **SENSOR ÓPTICO POR REFLEXÃO:**

Este sistema apresenta o transmissor e o receptor em uma única unidade.

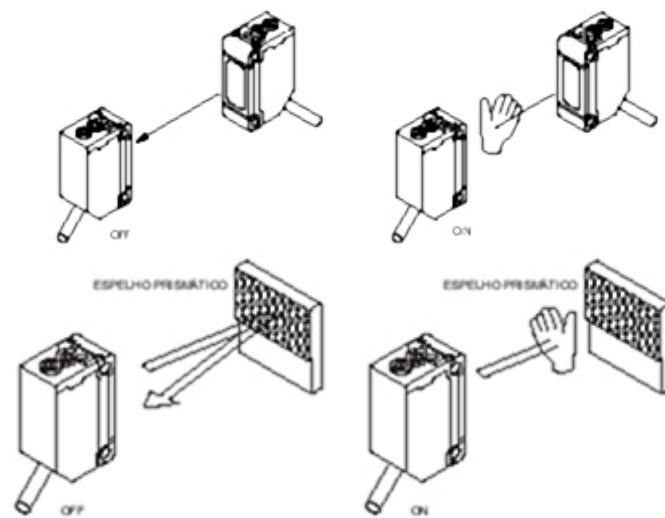


Figura 2.7: Sensor óptico por barreira e Sensor óptico por reflexão

O feixe de luz chega ao receptor somente após ser refletido por um espelho prismático, e o acionamento da saída ocorrerá quando o objeto a ser detectado interromper este feixe.

2. SENSORES DE POSIÇÃO:

(a) ENCODERS:

Dentre os sensores que atuam por transmissão de luz, além dos já vistos, há os encoders (codificadores), que determinam a posição através de um disco (encoder rotativo) ou trilho (encoder linear) marcado.

Nos encoders rotativos, têm-se uma fonte de luz, um receptor e um disco perfurado, que irá modular a recepção da luz. Nos lineares, o disco é substituído por uma régua ou fita.

O disco é preso a um eixo, de forma a criar um movimento rotacional, enquanto que a fonte de luz e o receptor estão fixos. A rotação do disco cria uma série de pulsos pela interrupção ou não da luz emitida ao detector. Estes pulsos de luz são transformados pelo detector em uma série de pulsos elétricos.

A frequência do pulso é diretamente proporcional ao número de rotações no intervalo de tempo, e ao número de furos ao longo do disco.

Se dividem em:

- incrementais (ou relativos):

Nos quais a posição é demarcada por contagem de pulsos transmitidos, acumulados ao longo do tempo.

Os encoders óticos incrementais não fornecem informação sobre a localização absoluta do eixo de movimento no espaço. Mais precisamente, eles fornecem a quantidade de movimento executada pelo eixo, começando do momento em que o computador é ativado e o movimento começa. Se o sistema é desligado

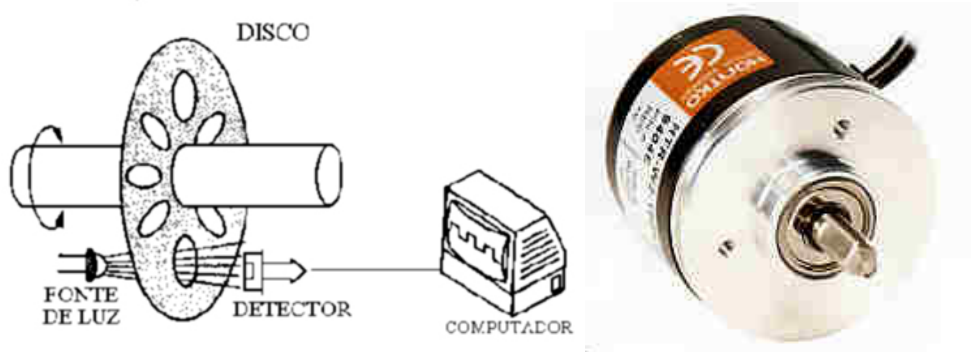


Figura 2.8: Encoder rotativo.

ou ocorre uma queda de energia, a informação da localização do eixo de movimento é perdida. Quando o sistema for religado, a posição inicial do eixo de ser fixada.

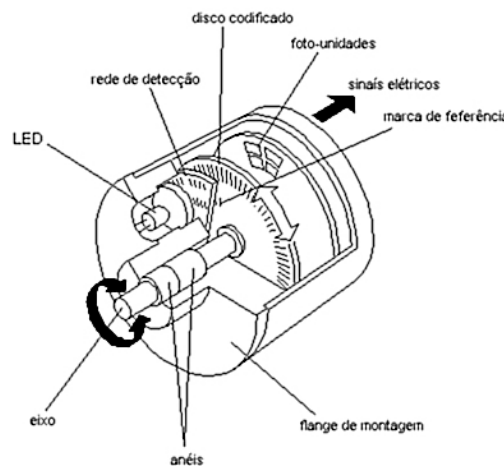


Figura 2.9: Encoder rotativo incremental.

- absolutos:

Os encoders óticos absolutos fornecem informações mais rigorosas que os encoders óticos incrementais. Encoders absolutos fornecem um valor numérico específico (valor codificado) para cada posição angular.

Possuem a capacidade de informar a posição física do eixo assim que ele é ativado, sem a necessidade de fixação da posição inicial. Isto é possível porque o encoder transmite, para o controlador, um sinal diferente para cada posição do eixo. Os encoders absolutos rotativos podem ser:

- Giro simples: Fornecem a posição angular de apenas uma volta.
- Giro múltiplo: Podem fornecer a posição após várias voltas(4096)

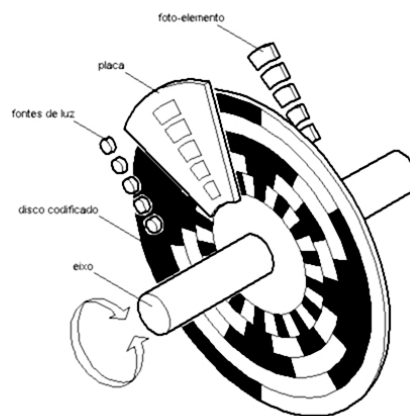


Figura 2.10: Encoder rotativo absoluto de giro simples.

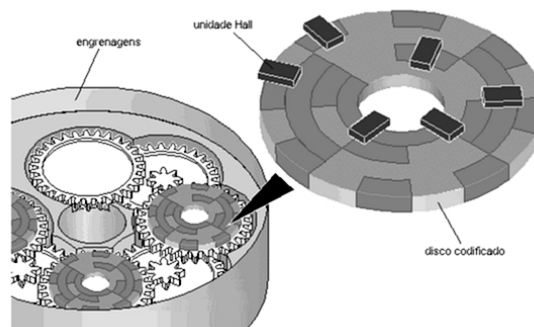


Figura 2.11: Encoder rotativo absoluto de giro múltiplo.

3. SENSORES DE TEMPERATURA:

(a) TERMISTORES

Os termistores são componentes eletrônicos sensíveis à temperatura, ou seja, variam a sua resistividade com a temperatura. Existem dois tipos o PTC (Positive Temperature Coefficient) e o NTC (Negative Temperature Coefficient).

O NTC diminui sua resistência com o aumento da temperatura e o PTC aumenta sua resistência com o aumento da temperatura. São construídos com misturas de cerâmicas de óxidos semicondutores como o Titanato de Bário.

Os termistores apresentam baixo custo e alta sensibilidade, mas sua precisão é baixa e trabalha com temperatura máxima em torno de 300°C . O PTC é usado quando mudanças drásticas de temperatura devem ser detectadas tais como:

- Proteção de sobrecarga;
- proteção contra superaquecimento;

O NTC é usado quando se necessita de detectar variações contínuas de temperatura, tais como:

- Medida de temperatura;

- Variação de temperatura(em torno de 0,001°C);
- Controle de temperatura.

(b) TERMO-RESISTORES(RTD)

O RTD(Resistance Temperature Detectors), assim como os termistores, variam sua resistência com a variação de temperatura. São construídos de fio enrolado revestido de uma película. Trabalham em uma larga escala de temperatura, - 200°C a 850°C, com elevada precisão(0,1°C a 0,01°C). O metal mais utilizado é a Platina.

(c) TERMOPARES

Os termopares baseiam-se no princípio que quando dois metais encostados são submetidos a uma temperatura, surge nos extremos deles uma tensão proporcional à temperatura. Este é o efeito Seebeck.

$$V = KT$$

K é uma constante para cada par de metais, que é utilizável até seu limite térmico.

Metal-Metal	Temperatura Máxima	Constante K	aplicações
Cobre-constantan ¹	-190 a 3750°C	0.1mV/°C	estufas, banhos e fornos elétricos para baixa temperatura
Ferro-constantan	-180 a 750°C	0.0514mV/°C	Têmperas recozimento e fornos elétricos
Platina-Platina/13%Ródio Platina-Platina/10%Ródio	-18 a 1540°C		vidros, fundição altoforno

O custo dos termopares é elevado, e são empregados em aplicações profissionais, onde se requer alta confiabilidade e precisão.

¹liga de cobre 60% e níquel 40%

CAPÍTULO 3

PNEUMÁTICA

Nos tempos atuais o uso de sistemas pneumáticos é bastante comum nas indústrias. Isto se deve a sua simplicidade aliada a possibilidade de variar a velocidade e a força aplicada, como por exemplo, acionar uma prensa ou exercer uma leve pressão para segurar um ovo sem quebrá-lo. Além disso é uma ferramenta indispensável para a automação.

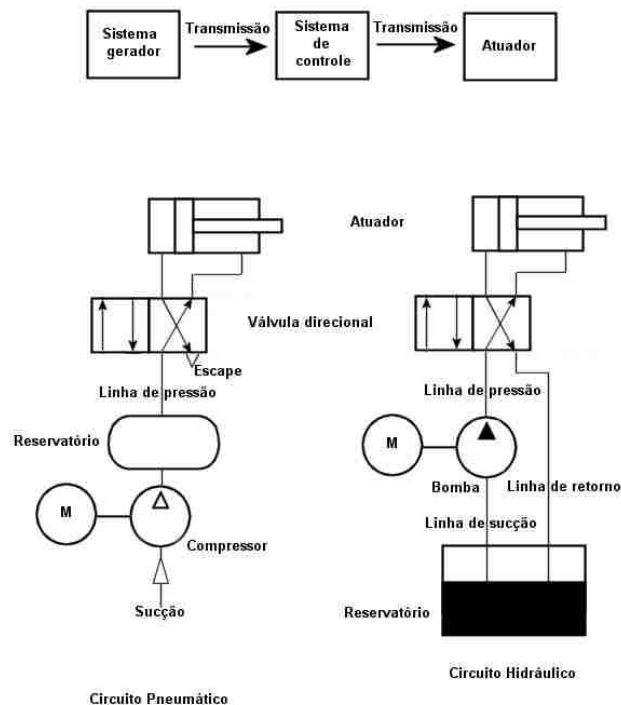


Figura 3.1: circuitos pneumático e hidráulico

3.1 Vantagens

1. Robustez dos componentes pneumáticos. A robustez inerente aos controles pneumáticos torna-os relativamente insensíveis a vibrações e golpes, permitindo que ações mecânicas do próprio processo sirvam de sinal para as diversas seqüências de operação. São de fácil manutenção;
2. Facilidade de implantação. Pequenas modificações nas máquinas convencionais, aliadas

à disponibilidade de ar comprimido, são os requisitos necessários para implantação dos controles pneumáticos;

3. Simplicidade de manipulação. Os controles pneumáticos não necessitam de operários especializados para sua manipulação;
4. O ar está disponível em qualquer parte;
5. Não há necessidade de tubulação de retorno;
6. A velocidade de fluxo do ar no interior das válvulas e tubulação é mais e alta;
7. O ar comprimido pode ser estocado dentro de reservatórios;
8. Limpeza, em caso de vazamentos;
9. Facilidade de montagem entre os componentes com tubulações flexíveis (engate rápido).

3.2 Desvantagens

1. O ar comprimido necessita de uma boa preparação para realizar o trabalho proposto: remoção de impurezas, eliminação de umidade para evitar corrosão nos equipamentos, engates ou travamentos e maiores desgastes nas partes móveis do sistema;
2. Os componentes pneumáticos são normalmente projetados e utilizados a uma pressão máxima de 1723,6 kPa. Logo o tamanho dos atuadores são maiores quando deve-se vencer grandes forças;
3. Velocidades muito baixas são difíceis de ser obtidas com o ar comprimido devido às suas propriedades físicas. Neste caso, recorre-se a sistemas mistos (hidráulicos e pneumáticos);
4. O ar é um fluido altamente compressível, portanto, é impossível se obterem paradas intermediárias e velocidades uniformes. O ar comprimido é um poluidor sonoro quando são efetuadas exaustões para a atmosfera. Esta poluição pode ser evitada com o uso de silenciadores nos orifícios de escape;
5. As perdas por vazamento são muito caras devido a constante perda de energia (os compressor permanece muito tempo ligado).

3.3 Fundamentos físicos:

3.3.1 Fluido:

Qualquer substância que é capaz de escoar e assumir a forma do recipiente que a contém é um fluido. O fluido pode ser líquido ou gasoso. A pneumática trata dos fluidos gasosos, especialmente o ar.

3.3.2 Força e Pressão:

Podemos dizer que força é qualquer causa capaz de alterar o estado de equilíbrio de um corpo, podendo produzir ou alterar o movimento ou pode produzir deformações. Quando aplicamos uma força sobre uma superfície definimos uma pressão que é a força por unidade de área.

$$p = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

UNIDADES:

No Sistema Internacional:

Força	N	newton
Área	m^2	metro quadrado
Pressão	$Pa = \frac{N}{m^2}$	pascal
	<i>bar</i>	bar
		$1bar = 10^5 Pa$
		$1bar = 1,02 \frac{kgf}{cm^2}$
		$1bar = 0,987 atm$
		$1bar = 14,5 psi$

No Sistema Inglês:

Força	lbf	libra-força
Área	pol^2	polegada quadrada
Pressão	$\frac{lbf}{pol^2}$	libra-força por polegada quadrada

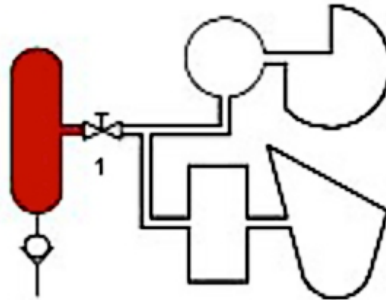
Outras unidades

Força	kgf	quilograma-força
		$1kgf = 9,81N$
Pressão	$\frac{kgf}{cm^2}$	quilograma-força por centímetro quadrado
		$1 \frac{kgf}{cm^2} = 0,981bar$
		$1 \frac{kgf}{cm^2} = 14,22psi$
	atm	atmosfera
		$1atm = 1,033 \frac{kgf}{cm^2}$
		$1atm = 1,013bar$
		$1atm = 14,7psi$

3.3.3 Propriedades do ar:

- **Expansibilidade:** Propriedade do ar que lhe possibilita ocupar totalmente o volume de qualquer recipiente, adquirindo o seu formato.
- **Compressibilidade:** O ar quando submetido a ação uma força reduz seu volume.
- **Elasticidade:** Devido a sua elasticidade, o ar volta ao seu volume inicial quando cessa a ação da força.

Possuímos um recipiente contendo ar;
a válvula na situação 1 está fechada



Quando a válvula é aberta o ar expande,
assumindo o formato dos recipientes,
porque não possui forma própria

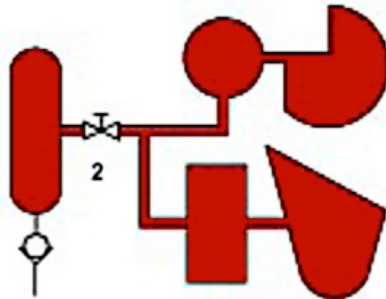


Figura 3.2: Expansibilidade do ar

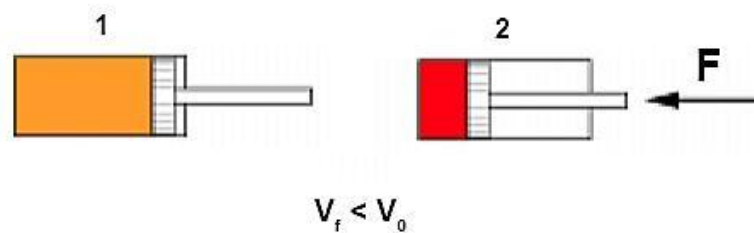


Figura 3.3: Compressibilidade do ar

3.3.4 Efeitos do calor sobre o ar:

- O ar quando recebe calor(aumento de temperatura) o seu volume aumenta. Portanto, quando diminuimos sua temperatura o seu volume diminui.
- Quando o ar estiver em um recipiente fechado, o aumento de temperatura aumenta sua pressão. Portanto, quando diminuimos sua temperatura a pressão diminui.

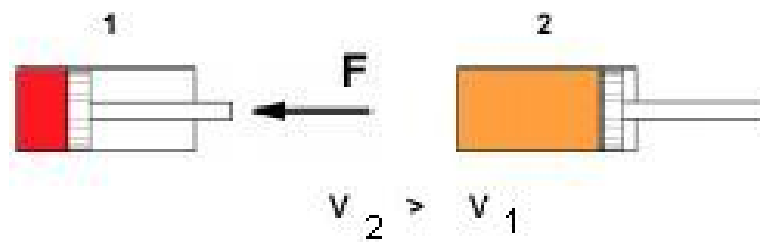


Figura 3.4: Elasticidade do ar.

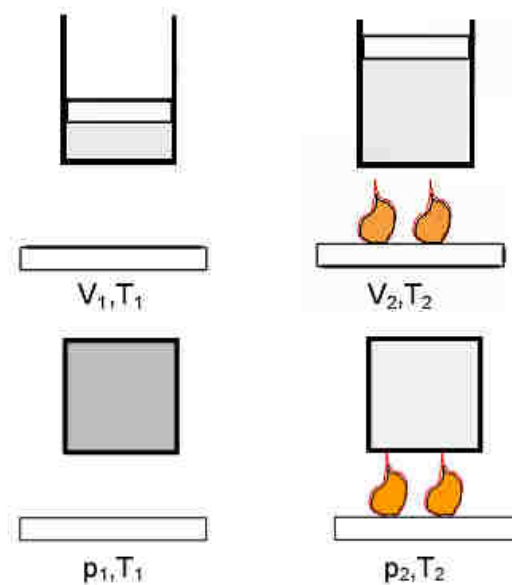


Figura 3.5: Efeito do calor sobre o ar.

3.4 Transferência de energia para o fluido

A energia primária para utilização de fluido de trabalho, são os motores elétrico ou térmico. Esses equipamentos convertem energia elétrica ou química da combustão em energia mecânica na forma de rotação e torque. A partir do acoplamento com eixo dos compressores, os mesmos convertem essa "energia mecânica" em "energia fluídica".

3.4.1 Geração de pressão

Na indústria, de modo geral, o ar comprimido é produzido em local central (casa de máquinas) e é conduzido ao local da aplicação através de uma rede de tubulação.

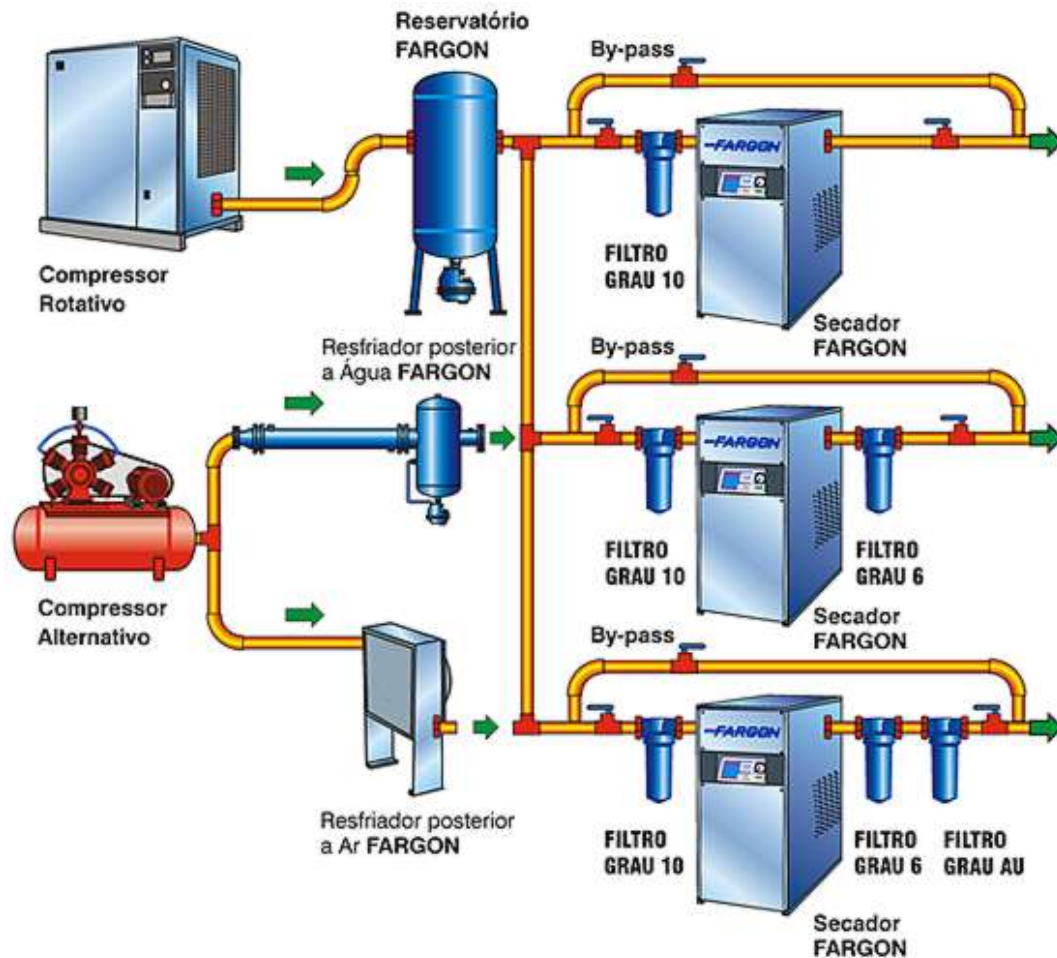


Figura 3.6: Produção de ar comprimido

Tipos de compressores:

- Compressores alternativos;
 - diafragma;
 - pistão;
 - * simples efeito(um ou múltiplos estágios);
 - * duplo efeito(um ou múltiplos estágios);
- Compressores rotativos;
 - palhetas;
 - lóbulos;
 - parafuso;
 - turbocompressores.

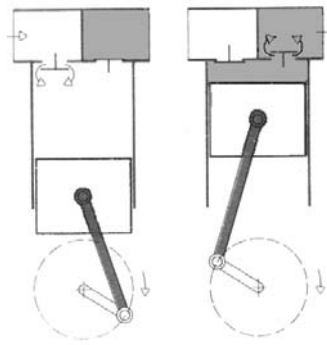


Figura 3.7: Compressor de pistão de um estágio e simples efeito

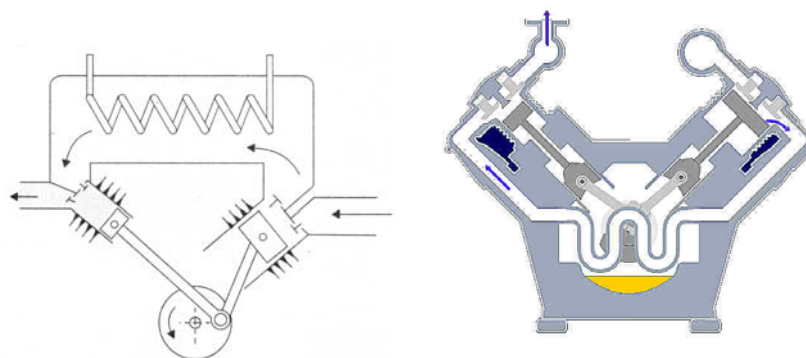


Figura 3.8: Compressor de pistão de dois estágios e simples efeito

3.4.1.1 Preparação do ar comprimido

O ar aspirado da atmosfera contém pó e umidade. Após passar pelo compressor, apesar da redução da quantidade de poeira, retirada por uma pré-filtragem, junta-se o óleo usado na lubrificação. A presença da poeira é prejudicial porque ela é abrasiva, provocando desgastes nas peças móveis. A presença da água condensada nas linhas de ar provoca:

- oxidação da tubulação e componentes pneumáticos;
- redução da vida útil das peças por remover a película lubrificante;
- avarias em válvulas e instrumentos, etc.

Para tanto, antes de fazer utilização do ar comprimido nas instalações deve-se prepara-lo, através da unidade de condicionamento de ar, composta por:

- Filtros;
- Resfriadores;
- Secadores.

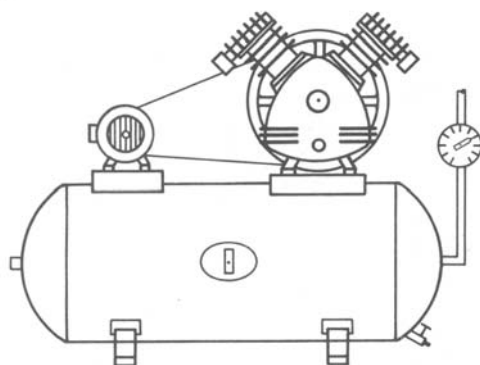


Figura 3.9: Compressor de dois estágios

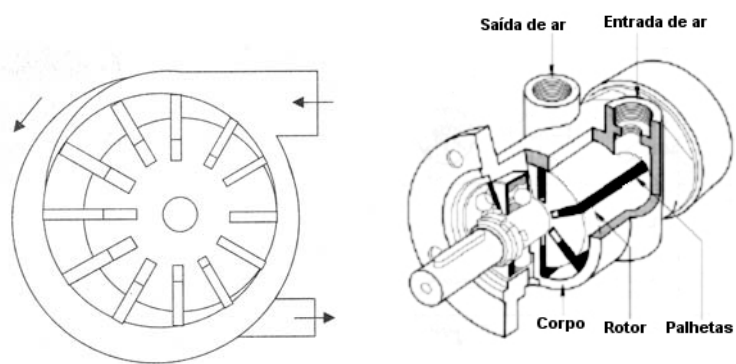


Figura 3.10: Compressor de palhetas

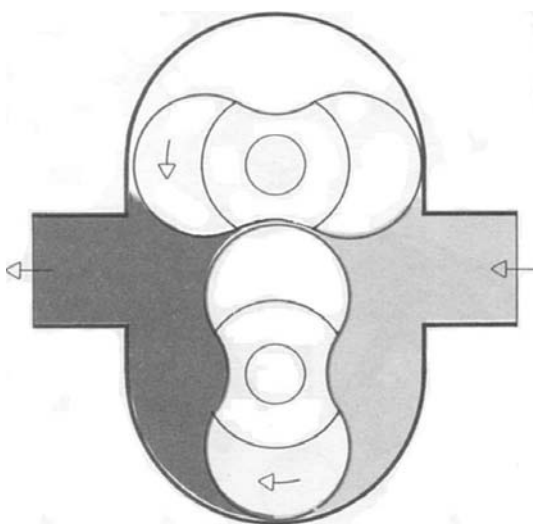


Figura 3.11: Compressor de lóbulos

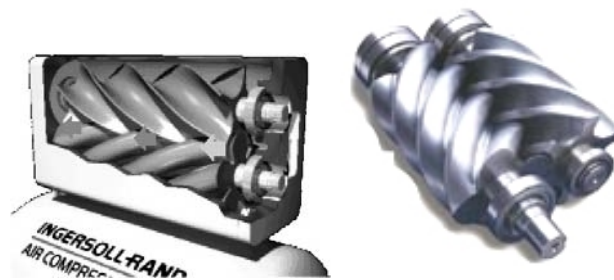


Figura 3.12: Compressor de parafuso

Além disso, nos pontos de utilização são colocadas unidades de conservação que são compostas de:

filtro, regulador de pressão e lubrificador.

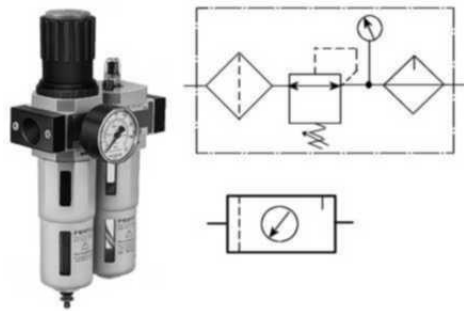


Figura 3.13: Unidade de conservação

3.4.2 Tubulação:

É importante dimensionar o diâmetro da rede de ar comprimido de forma tal que não ocorra uma perda de pressão maior que 0,1 bar. Para evitar transtornos futuros é também recomendável que seja prevista uma ampliação, pois uma substituição posterior da rede é demasiadamente cara.

Para o dimensionamento do diâmetro da rede deve-se levar em consideração:

- Vazão;
- Comprimento da rede;
- Queda de pressão admissível;
- Pressão de trabalho;
- Pontos de estrangulamento.

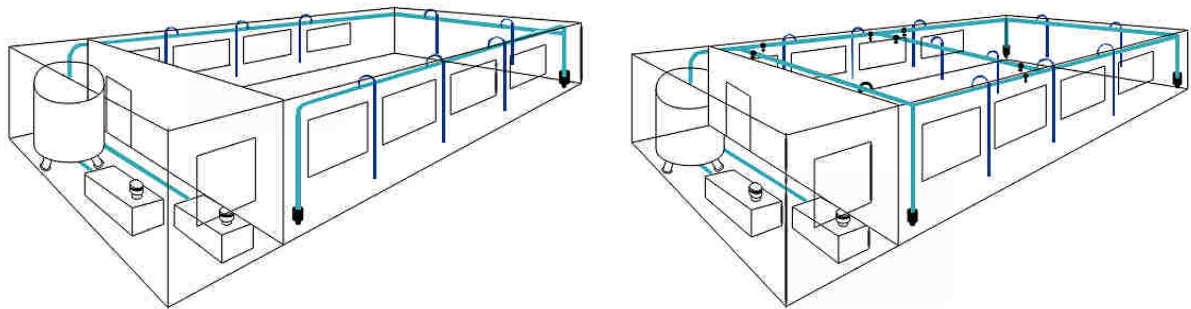


Figura 3.14: Rede de distribuição: Em anel aberto; em anel fechado.

Devemos lembrar que a tubulação de ar comprimido requer manutenção periódica, sendo portanto necessário deixá-la exposta, evitando passagens estreitas. As tubulações devem ser montadas com um declive de 1 a 2% na direção do fluxo.

As tomadas de ar devem sair pela parte de cima da tubulação principal.

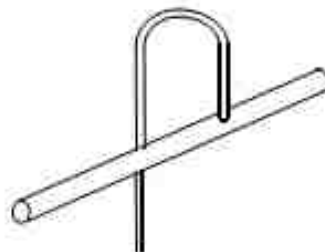


Figura 3.15: Tomadas de ar.

3.5 Atuadores

A função dos atuadores é executar a conversão da "energia fluídica" em "energia mecânica". Num circuito qualquer, o atuador é ligado mecanicamente à carga. Assim, ao sofrer a ação do fluido, sua energia é convertida em trabalho.

Os atuadores podem ser divididos em dois grupos:

- Atuador linear:
 - Cilindros de simples ação;
 - Cilindros de dupla ação.
- Atuador rotativo:
 - limitados - cilindros de movimento giratório;
 - contínuos(motores).

3.5.1 Atuador Linear

Convertem a "energia fluídica" em "energia mecânica" na forma de força e velocidade linear. São popularmente conhecidos por cilindros.

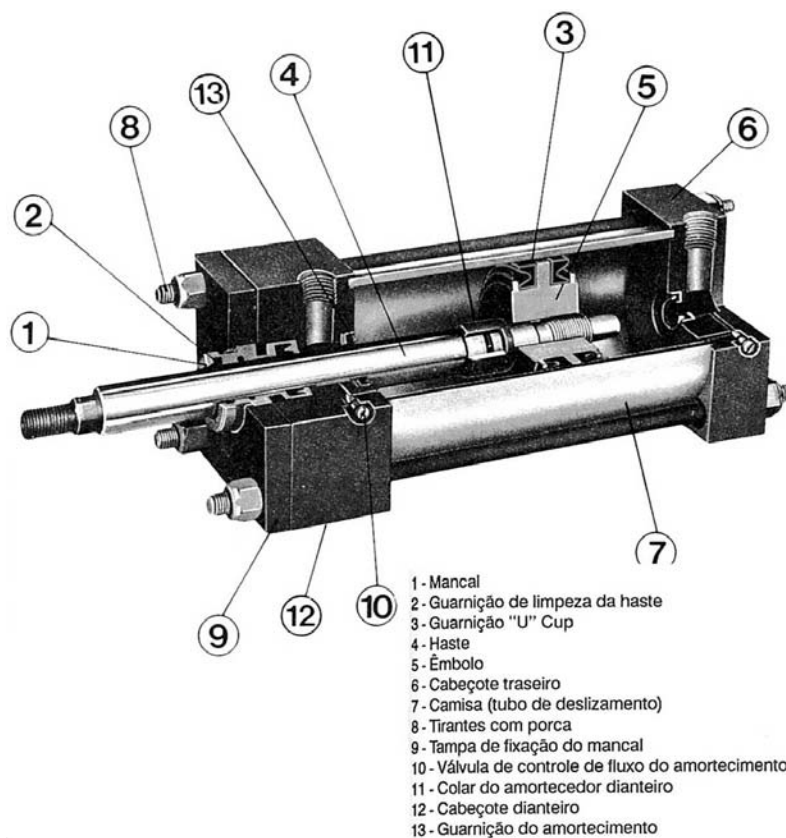


Figura 3.16: Atuador linear - cilindro pneumático - detalhes internos



Figura 3.17: Atuador linear - cilindro pneumático

Os cilindros podem ser classificados:

- Conforme o acionamento (simples ação ou dupla-ação);

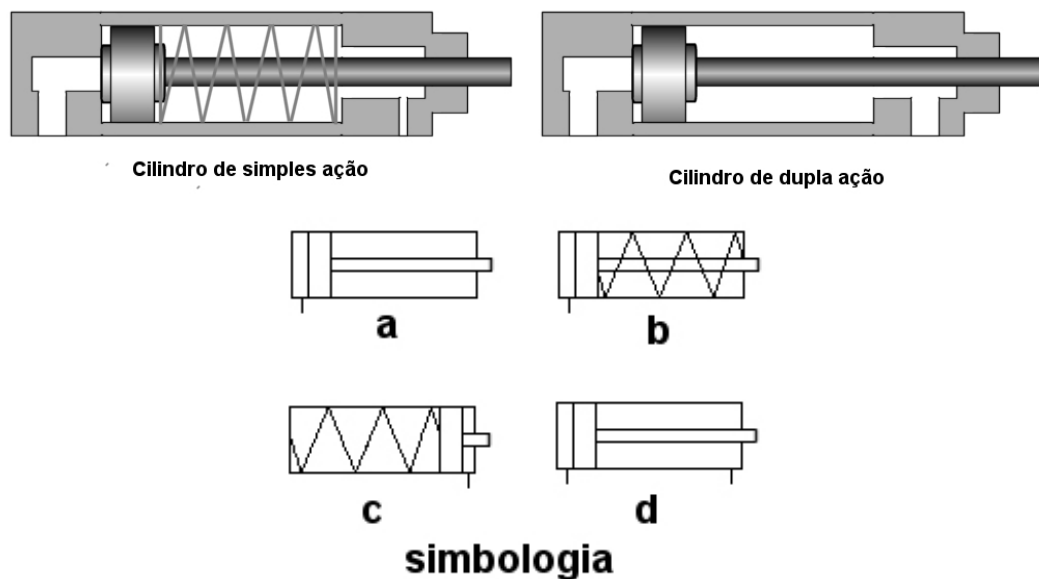


Figura 3.18: cilindro pneumático de simples ação e dupla ação. *Simbologia:* a) cilindro de simples ação b) cilindro de simples ação com retorno por mola c) cilindro de simples ação com avanço por mola d) cilindro de dupla ação.

Cilindros de simples ação ou simples efeito são assim chamados porque utilizam o fluido para produzir trabalho em um único sentido de movimento, no avanço ou no retorno.

Estes cilindros possuem apenas um orifício de para entrada e saída do fluido. No lado

oposto existe outro orifício que serve apenas para respiro, para impedir a formação de contra-pressão.

Nos cilindros de simples ação o retorno é feito geralmente por ação de uma mola. Porém, o retorno pode ser também realizado por ação de uma força externa, a gravidade, por exemplo (caçamba de caminhão).

Cilindros de dupla ação ou duplo efeito são aqueles que utilizam fluido para produzir trabalho em ambos os sentidos: avanço e retorno. Estes possuem dois orifícios por onde, alternadamente, entra e sai o fluido.

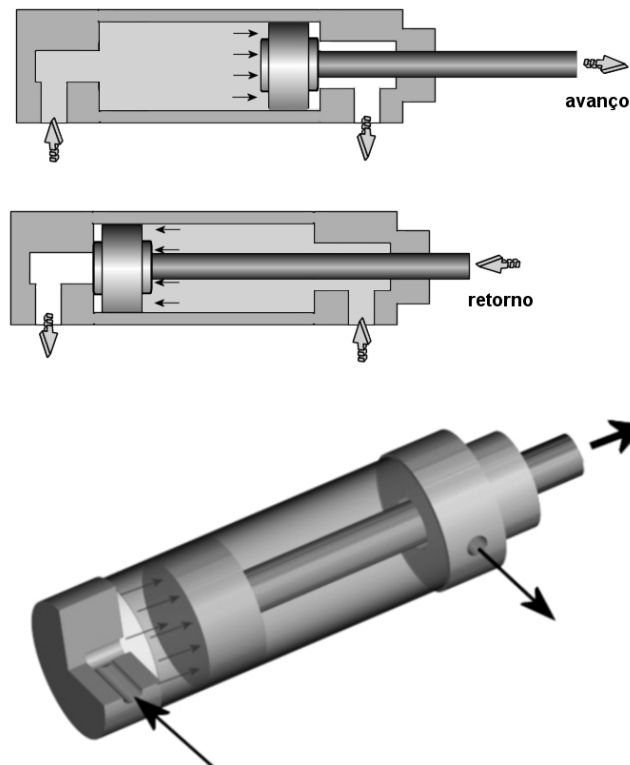


Figura 3.19: cilindro de dupla ação. No avanço o ar ou o óleo entra pelo orifício traseiro, empurrando o êmbolo, e sai pelo orifício dianteiro. No retorno o sentido é invertido.

- Conforme a haste (nenhuma, uma ou duas); variante: hastes encaixadas entre si = telescópico;
- Cilindro tandem. São cilindros que possuem dois êmbolos em uma única haste, separadas por um cabeçote intermediário, com orifícios independentes. O ar, ou o óleo, atua simultaneamente nos dois êmbolos, tanto no avanço como no retorno, desta forma a força produzida será a soma das forças individuais que atuam em cada êmbolo. É indicado quando se necessita de uma força maior mas não se dispõe de espaço para um aumento no diâmetro do cilindro.



Figura 3.20: Cilindro sem haste.(tipo almofada) e cilindro telescópico.



Figura 3.21: Cilindro tandem e cilindro de haste dupla.

3.5.2 Atuador Rotativo

Convertem a "energia fluídica" em "energia mecânica" na forma de momento de torção contínuo ou limitado. Podem ser:

- Limitados

Os atuadores rotativos limitados são aqueles que produzem movimentos oscilatórios, ou seja, giram em um sentido até alcançar o fim de curso e precisam retornar girando no sentido oposto. Dependendo de sua construção, podem ser limitados a apenas uma volta ou a algumas voltas.

O tipo pinhão e cremalheira, na figura abaixo, possuem uma haste dentada(cremalheira). Esta cremalheira aciona uma engrenagem, transformando o movimento linear em movimento rotativo.

Nos de aleta giratória só é possível um movimento angular de no máximo 300.

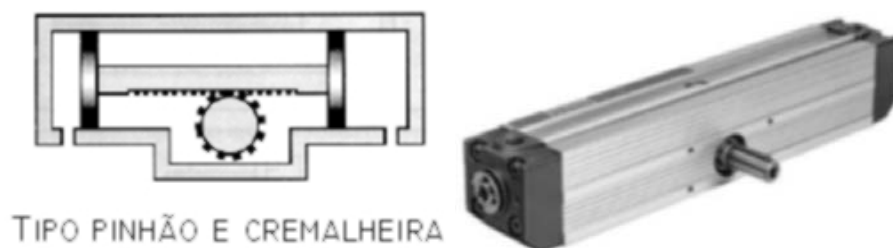


Figura 3.22: Cilindro semi-rotativo tipo pinhão e cremalheira.



Figura 3.23: Cilindro semi-rotativo tipo aleta.

- Contínuos

Os atuadores rotativos contínuos, também chamados de motores, podem realizar um número infinito de voltas.

O motores pneumáticos são similares aos compressores quanto à sua construção.

Existem motores de engrenagens, de palhetas, de pistões radiais , de pistões axiais e turbo-motores(turbinas).

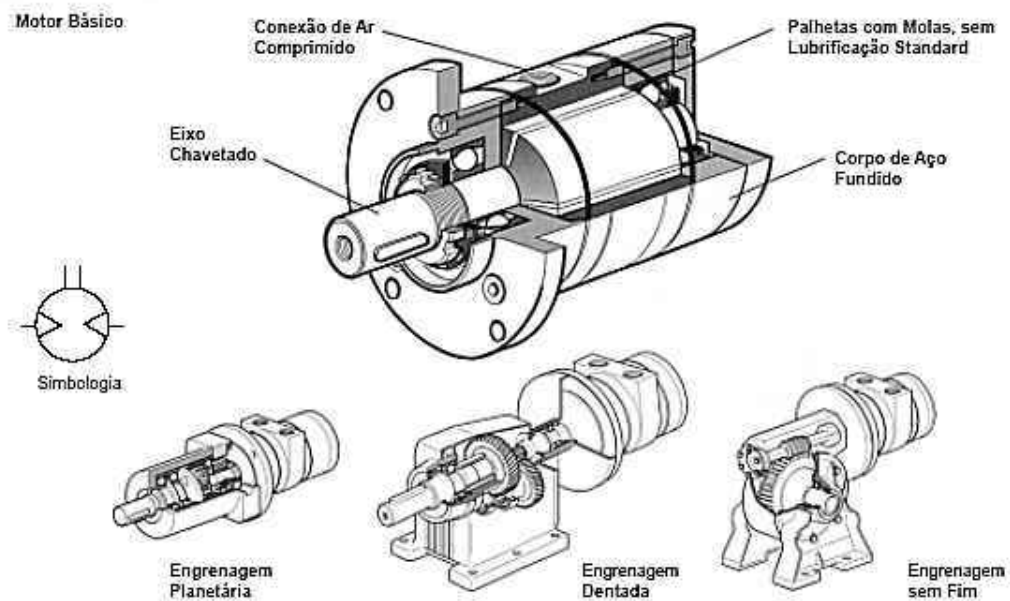


Figura 3.24: Motor pneumático de palhetas.

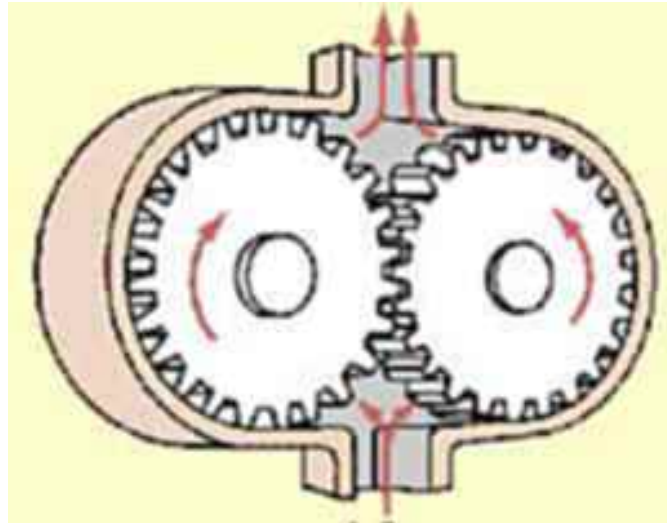


Figura 3.25: Motor pneumático de engrenagens.

3.6 Válvulas

As válvulas são componentes dos sistemas pneumáticos ou hidráulicos, responsáveis pela distribuição e regulação do fluido transmitido da bomba ou compressor até os atuadores. A regulação consiste em limitar os níveis de pressão e vazão para garantir a disponibilidade de força e velocidade, respectivamente.

- Válvulas direcionais;
São válvulas que influenciam no trajeto do fluxo do fluido.

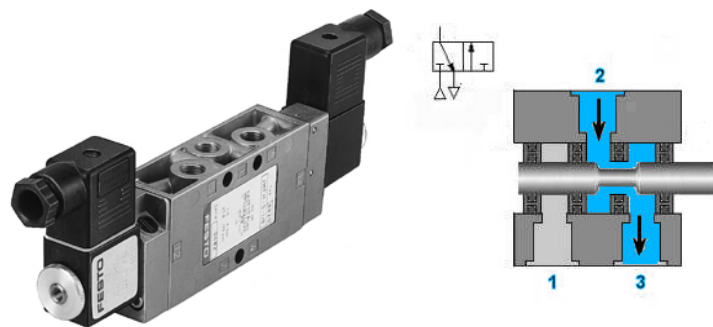


Figura 3.26: Válvula direcionais.

- Válvulas de bloqueio;
 - válvula de retenção;
São válvulas que bloqueiam completamente a passagem do fluido em um sentido. No outro sentido o fluido com a mínima perda de pressão.

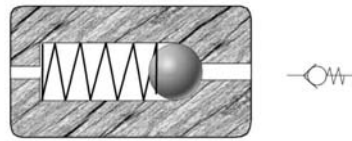


Figura 3.27: Válvula de retenção.

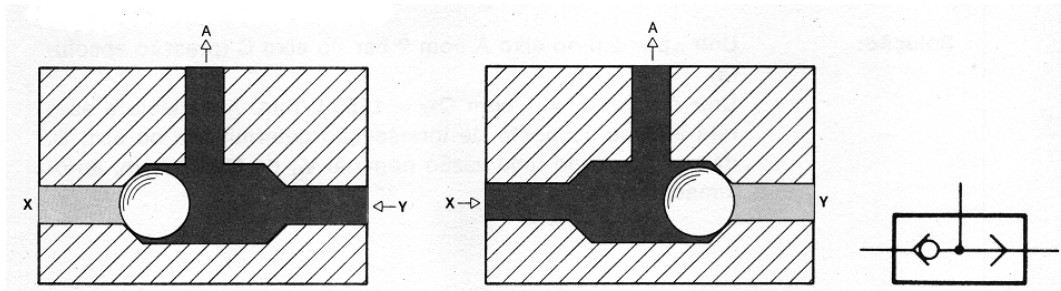


Figura 3.28: Válvula de alternadora.

- válvula alternadora (elemento "OU");
Esta válvula possui duas entradas, X e Y, e uma saída A. Quando o fluido entra em X a esfera bloqueia a entrada em Y.
Quando o fluido entra por Y a esfera bloqueia a entrada X.
- válvula de simultaneidade (elemento "E");

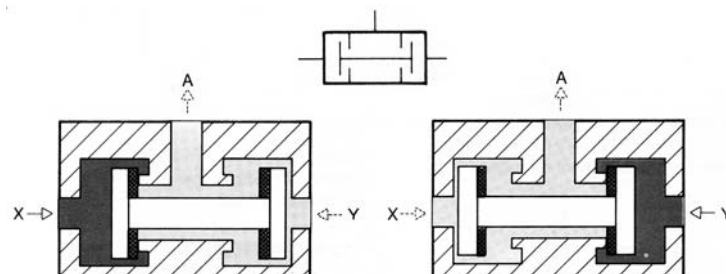


Figura 3.29: Válvula de simultaneidade.

Esta válvula também possui duas entradas, X e Y, e uma saída A. O fluido só passa quando houver pressão em ambas as entradas. Um sinal apenas em X ou em Y fica impedido de passar para A porque ele atua sobre a peça móvel fechando a passagem.

Quando dois sinais iguais chegam em tempos diferentes, o último passa para A. Quando os sinais são de pressões diferentes, o de pressão maior fica bloqueado e o de pressão menor passa para A.

- Válvulas controladoras de fluxo;
São válvulas que ao reduzirem a seção de passagem do fluido influenciam o valor da

vazão na linhas de ligação com os atuadores. Essa regulagem da vazão está relacionada com a variação da pressão nas tomadas de entrada e saída da válvula. Dessa forma, para uma melhor precisão, devem trabalhar em conjunto com válvulas que regulam os níveis de pressão no sistema.

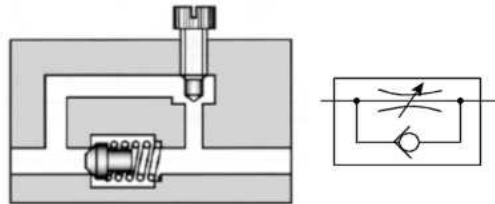


Figura 3.30: Válvula reguladora de fluxo.

- Válvulas controladoras de pressão.

São válvulas que agem sobre a pressão do sistema.

As válvulas reguladoras de pressão podem ser utilizadas como:

- Redutoras de pressão;

São válvulas usadas para manter a pressão do sistema em um nível uniforme.

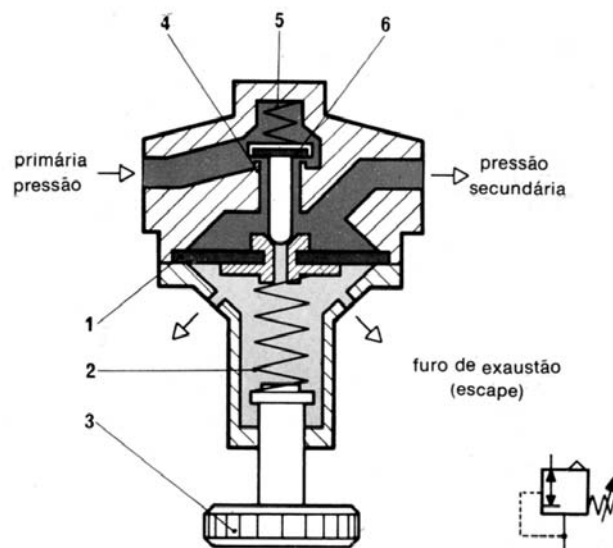


Figura 3.31: Válvula reguladora(reduzidora) de pressão para ar comprimido.

- Limitadoras de pressão (de segurança ou de alívio);

Nos sistemas hidráulicos quando, por exemplo, uma bomba manda fluido para um cilindro e este chega ao fim de curso, a pressão sobe até um nível máximo podendo causar danos ao sistema. Por isso usamos uma válvula de alívio ou de

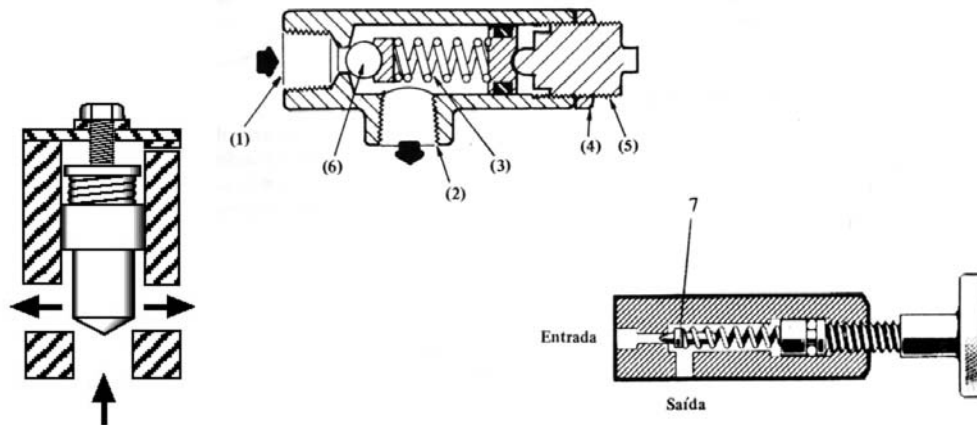


Figura 3.32: Válvula de alívio.(1)Entrada do fluido sob pressão; (2)saída do fluido; (3)mola; (4)contraporca; (5)parafuso de regulação; (6)esfera; (7)cone.

segurança que desvia parte do fluxo para o reservatório. Nos sistemas pneumáticos esta válvula é colocada no compressor.

- Seqüenciais. São usadas para garantir que um determinado atuador só inicie seu trabalho quando outro chegar ao fim.

CIRCUITOS PNEUMÁTICOS

Quando unimos várias válvulas e atuadores por meio de tubulações, a fim de realizar determinada tarefa, damos ao conjunto o nome de *circuito* circuito pneumático ou circuito hidráulico, conforme o caso.

O desenho do circuito é chamado diagrama ou esquema. É um desenho simplificado, feito com a utilização de símbolos. Cada componente do circuito é representado por um símbolo. Examinando o diagrama, é possível compreender como funciona um circuito.

4.1 Simbologia

4.1.1 Válvulas direcionais

Um dos símbolos mais importantes é aquele usado para representar válvulas e, principalmente, as válvulas direcionais. Uma válvula pode assumir várias posições, dependendo do estado em que se encontra: não acionada, acionada para a direita, acionada para a esquerda etc.

As válvulas direcionais são classificadas de acordo com o número de orifícios para passagem do fluxo de ar ou óleo (vias) e pelo número de posições que ela pode assumir.

Cada posição da válvula é simbolizada por um quadrado e o número de quadrados indica o número de posições ou estados que ela pode assumir.



Figura 4.1: válvulas de uma, duas ou três posições.

No interior do quadrado, representam-se as passagens que estão abertas, permitindo o fluxo de fluido, e as que estão fechadas.

Quando um orifício da válvula se comunica com outro, permitindo a passagem de fluido, essa passagem é representada por uma seta.

As vias são identificadas por letras maiúsculas ou por números:

Saídas: A, B, C, D ou 2, 4, 6

Entradas: P ou 1

Escapes: R, S, T ou 3, 5, 7

Linhas de comando: X, Y, Z ou 10, 12, 14

As vias quando são fechadas são indicadas por um traço horizontal.

As ligações externas com as vias são indicadas por traços curtos.

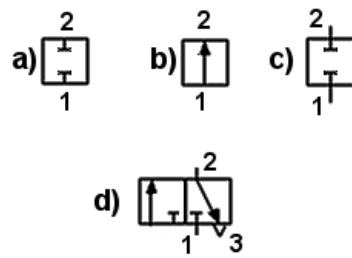
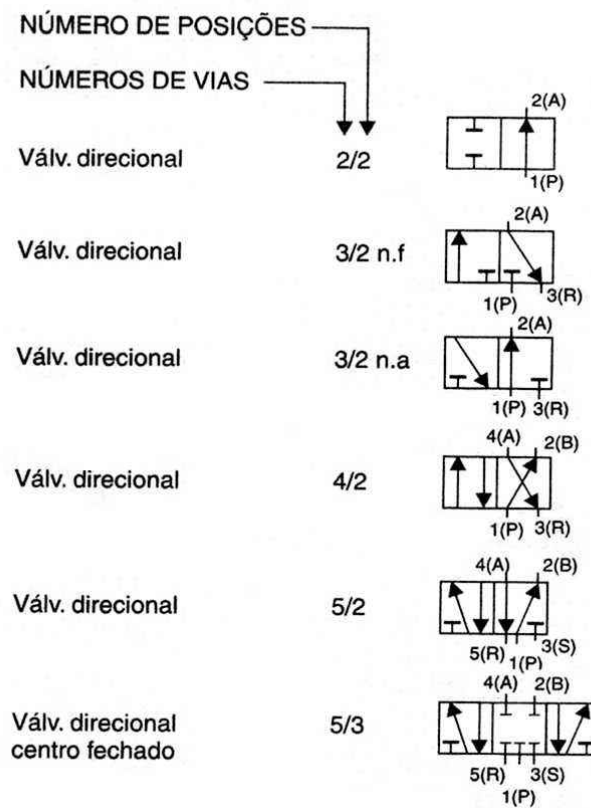


Figura 4.2: a)Vias fechadas; b)vias em comunicação; c)Ligações externas com as vias; d)válvula com duas posições e três vias.O orifício 1 está bloqueado e o orifício 2 está em comunicação com o orifício 3.

A *posição de repouso* é aquela que a válvula assume quando não é acionada.
A *posição de partida* é aquela que a válvula assume quando montada no sistema e recebe a pressão da rede e ainda , se houver, a ligação elétrica.



A figura abaixo ilustra como funciona uma válvula com o tipo de construção de carretel.

4.1.1.1 Acionamentos

A mudança de posição da válvula pode ser feita por acionamento mecânico, elétrico ou por ar comprimido.

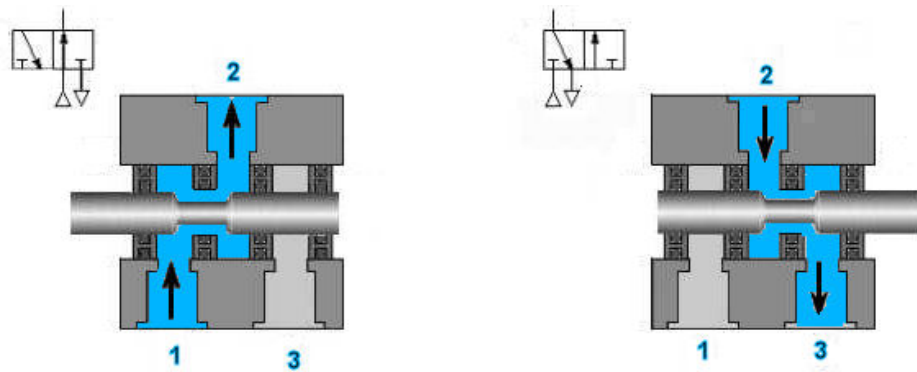


Figura 4.3: Válvula de 2 posições e 3 vias tipo carretel. A primeira figura mostra o carretel posicionado de tal forma a conectar a via de pressão 1 com a via de utilização 2. Ao comutarmos o carretel, a via de pressão 1 fica bloqueada e a via de utilização A fica conectada à via de escape 3.

Os símbolos dos elementos de acionamento são desenhados adjacentes aos quadrados.

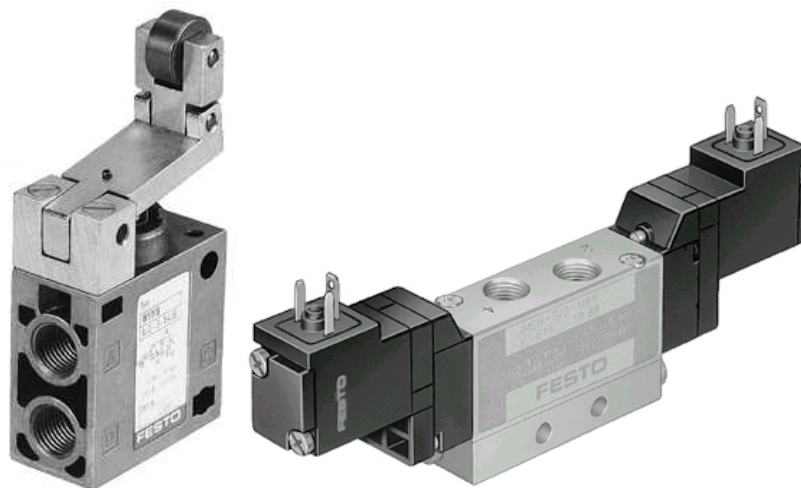


Figura 4.4: válvulas direcionais: à esquerda com acionamento mecânico tipo rolete e à direita com duplo acionamento elétrico, duplo solenóide.

MECÂNICA

Geral

Botão

Alavanca

Alavanca com trava (detente)

Pedal

Retorno por molas

Centragem por molas

Rolete

Rolete escamoteável
(gatilho)

PNEUMÁTICA

Piloto direto

Piloto indireto (servo-piloto)

Decrescimo de pressão

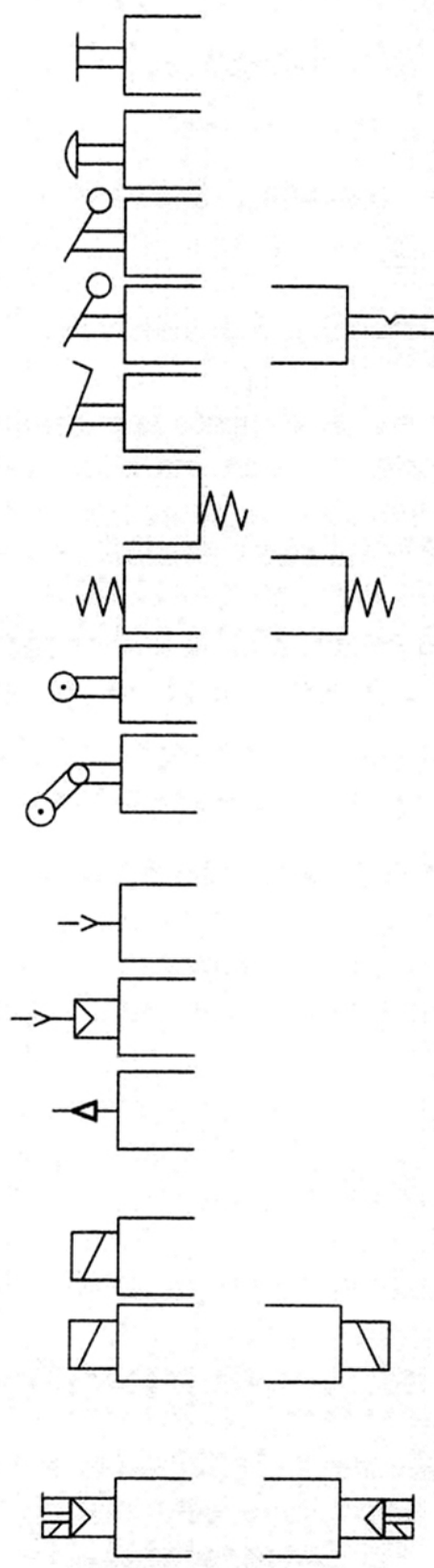
ELÉTRICO

Simples solenóide

Duplo solenóide

COMBINADOS

Duplo solenóide ou
duplo piloto com
atuação manual auxiliar



4.1.2 Fonte de pressão

Como na indústria, de modo geral, o ar comprimido é produzido em local central (casa de máquinas) e é conduzido ao local da aplicação através de uma rede de tubulação, o símbolo do compressor geralmente não aparece nos circuitos de automação pneumática. Usamos outro símbolo para indicar a fonte de pressão.



Figura 4.5: Fonte de pressão.

4.2 Comandos pneumáticos básicos

4.2.1 Cilindro de simples ação

Para comandarmos um cilindro de simples ação basta uma válvula direcional de três vias, duas posições normal fechada. Nesta solução usamos uma válvula com acionamento por botão e retorno por mola. Ao apertarmos o botão, o ar passa de 1 para 2 avançando o êmbolo do cilindro. Ao aliviarmos o botão a mola retrocede a válvula fazendo com que o ar passe de 2 para 3 esvaziando o cilindro e o êmbolo retorna pela ação da mola.

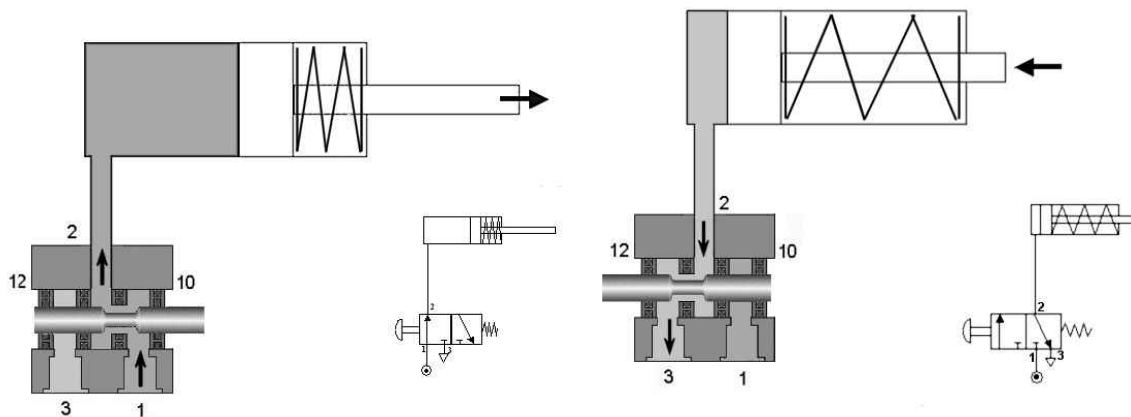


Figura 4.6: Circuito de comando de um cilindro de simples ação.

4.2.1.1 Comando alternativo

Com a utilização de uma válvula alternadora podemos comandar um pistão de simples ação em dois pontos diferentes. Ao apertarmos o botão de uma das válvulas o ar passa de 1 para 2 e, através da válvula alternadora chega até o cilindro. Caso não houvesse a válvula alternadora o ar sairia pelo escape da outra válvula.

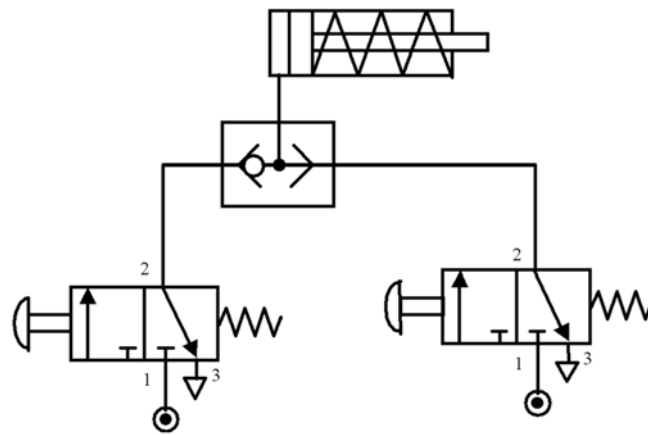


Figura 4.7: Circuito de comando de um cilindro de simples ação com uso do elemento OU.

4.2.1.2 Comando simultâneo

Quando precisarmos que um cilindro seja acionado somente quando haja a ação simultânea de duas válvulas podemos utilizar uma válvula de simultaneidade ou elemento "E" ou então colocarmos as duas válvulas em série.

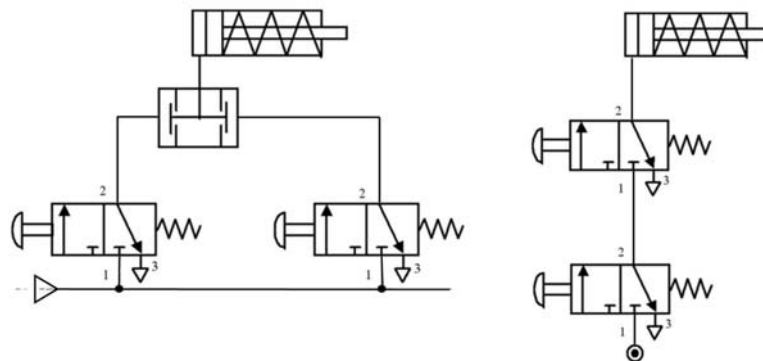


Figura 4.8: Comando de um cilindro através do acionamento simultâneo de duas válvulas.

4.2.2 Cilindro de dupla ação

Para comandarmos um cilindro de dupla ação podemos usar uma válvula direcional de duas posições, de quatro ou cinco vias. Ao acionarmos o botão, o ar passa de 1 para 2 fazendo com que o êmbolo avance. O ar que se encontra na outra câmara passa para 3 ou de 4 para 5 escapando para a atmosfera. Ao retirarmos a pressão do botão a mola retrocede a válvula fazendo com que ar passe de 1 para 4 retornando o êmbolo. O ar que se encontra na outra câmara passa de 2 para 3 escapando para a atmosfera.

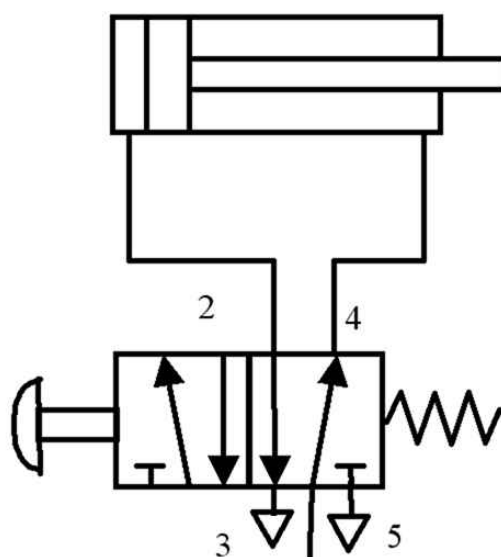


Figura 4.9: Circuito de comando de um cilindro de dupla ação.

4.3 Controle de velocidade

4.3.1 Cilindros de simples ação:

Os cilindros de simples ação podem ter a velocidade de avanço controlada pela regulação da entrada do ar. Para regular a velocidade de retorno, basta regular a saída do ar.

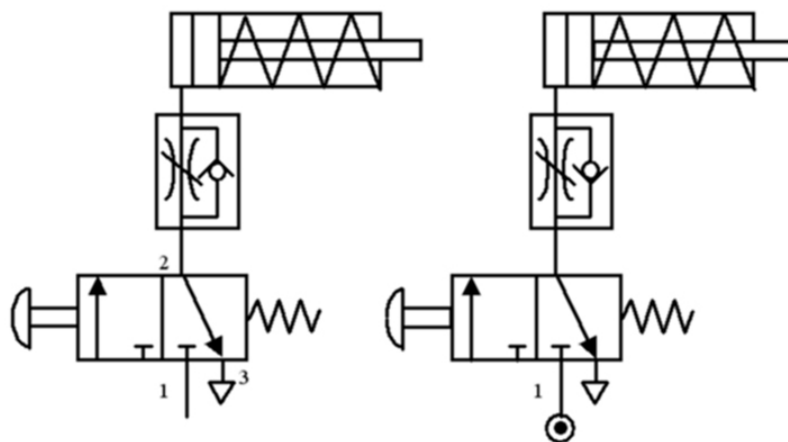


Figura 4.10: Controle de velocidade um cilindro de simples ação.

4.3.2 Cilindros de dupla ação

Os cilindros de dupla ação permitem o controle da velocidade de avanço tanto pela regulagem do ar que entra como pela regulagem do ar que sai. Da mesma forma a regulagem da velocidade de retorno. Existem válvulas de regulagem de velocidade combinadas com silenciadores as quais são montadas nos orifícios de escape.

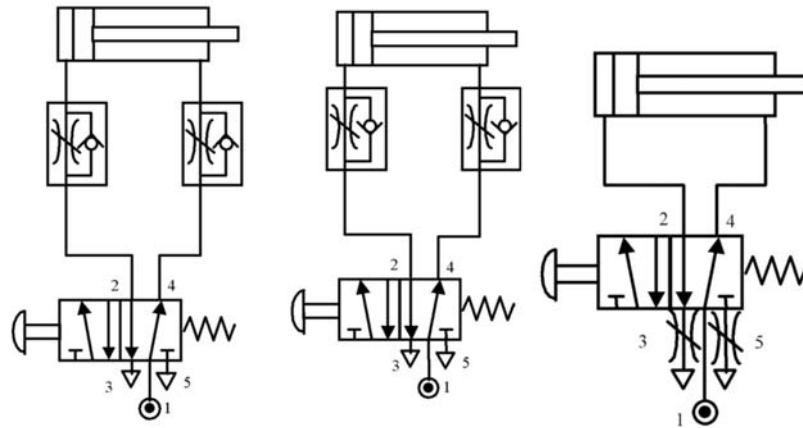


Figura 4.11: Controle de velocidade um cilindro de dupla ação.

4.4 Comando indireto

As vezes para comandar cilindros de grandes dimensões, que exigem válvulas de grande passagem de ar, usamos uma válvula menor para comandar a válvula principal. Ao acionarmos o botão da a_1 ar passa de 1 para 2 e aciona a válvula principal a_0 através do orifício piloto 12. O ar então passa de 1 para 2 e avança o êmbolo do cilindro.

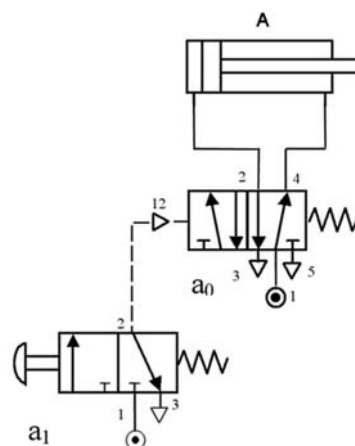


Figura 4.12: Comando de um cilindro através do acionamento indireto.

ELETROPNEUMÁTICA

Os componentes de entrada de sinais elétricos são aqueles que emitem informações ao circuito por meio de um sinal elétrico, proveniente de uma ação muscular, mecânica, elétrica, eletrônica ou combinação entre elas. Entre os elementos de entrada de sinais podemos citar as botoeiras, as chaves fim de curso, os sensores de proximidade e os pressostatos, entre outros, todos destinados à emitir sinais para energização ou desenergização do circuito ou parte dele.

5.0.1 Botões de comando:

Os botões de comando são chaves elétricas acionadas manualmente que podem ter um contato aberto (NA) ou um contato fechado (NF) ou os dois. De acordo com o tipo de sinal a ser enviado ao comando elétrico, os botões são caracterizados como pulsadores ou com trava.

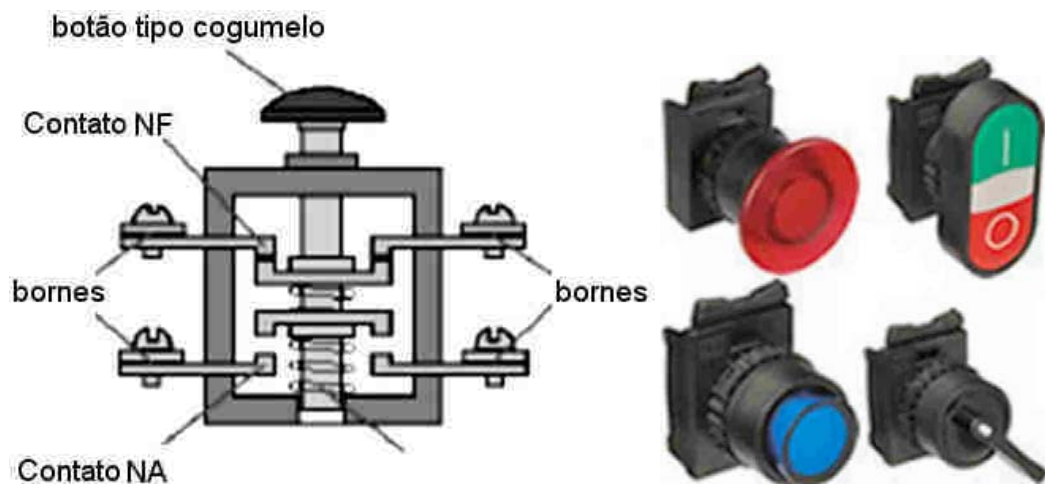


Figura 5.1: Botão pulsador tipo cogumelo; Botões de comando em geral.

5.0.2 Relés

Os relés são utilizados para o processamento de sinais elétricos ou para monitorar circuitos de correntes mais elevadas. A bobina ao receber uma tensão nos seus terminais será percorrida por uma corrente elétrica a qual produz um campo magnético. Este campo magnético imanta o núcleo que atrai a armadura. Existe na armadura um conjunto de contatos que por efeito de uma mola são mantidos pressionados contra um outro conjunto de contatos. Quando a armadura é atraída pelo núcleo, desfaz-se esta ligação (abertura dos contatos) e os contatos

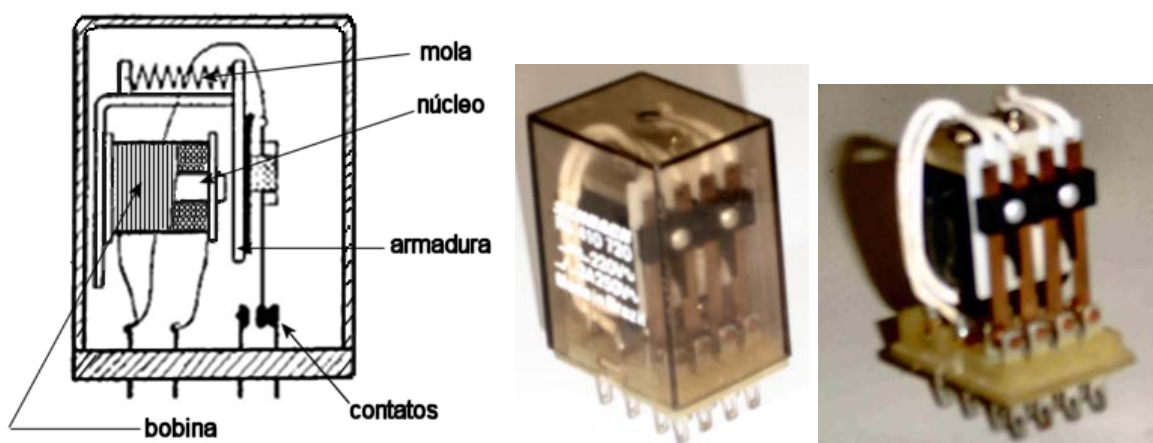


Figura 5.2: Relés.

são pressionados contra outro conjunto (fechamento dos contatos). Quando cessar a tensão nos terminais da bobina, cessará também o campo magnético e a armadura retorna pela força da mola.

5.0.3 Acionamento elétrico para válvulas direcionais

A operação das válvulas é efetuada por meio de sinais elétricos, provenientes de chaves fim de curso, pressostatos, temporizadores, etc.

São de grande utilização onde a rapidez dos sinais de comando é o fator importante, quando os circuitos são complicados e as distâncias são longas entre o local emissor e o receptor.

Embora as válvulas de grande porte possam ser acionadas diretamente por solenóide, a tendência é fazer válvulas de pequeno porte, acionadas por solenóide e que servem de pré-comando (válvulas piloto), pois emitem ar comprimido para acionamento de válvulas maiores (válvulas principais). As válvulas possuem um enrolamento que circunda uma capa de material magnético, contendo em seu interior um induzido, confeccionado de um material especial, para evitar magnetismo remanescente. Este conjunto (capa + induzido) é roscado a uma haste (corpo), constituindo a válvula. O induzido possui vedações de material sintético em ambas as extremidades, no caso da válvula de 3 vias, e em uma extremidade, quando de 2 vias. É mantido contra uma sede pela ação de uma mola. Sendo a válvula N.F., a pressão de alimentação fica retida pelo induzido no orifício de entrada e tende a deslocá-lo. Por este motivo, há uma relação entre o tamanho do orifício interno de passagem e a pressão de alimentação.

A bobina é energizada pelo campo magnético criado e o induzido é deslocado para cima, ligando a pressão com o ponto de utilização, vedando o escape.

Desenergizando-se a bobina, o induzido retoma à posição inicial e o ar emitido para a utilização tem condições de ser expulso para a atmosfera.

Esta válvula é freqüentemente incorporada em outras, de modo que ela (válvula piloto) e a principal formem uma só unidade.

Com as trocas das funções de seus orifícios, pode ser utilizada como N.A.

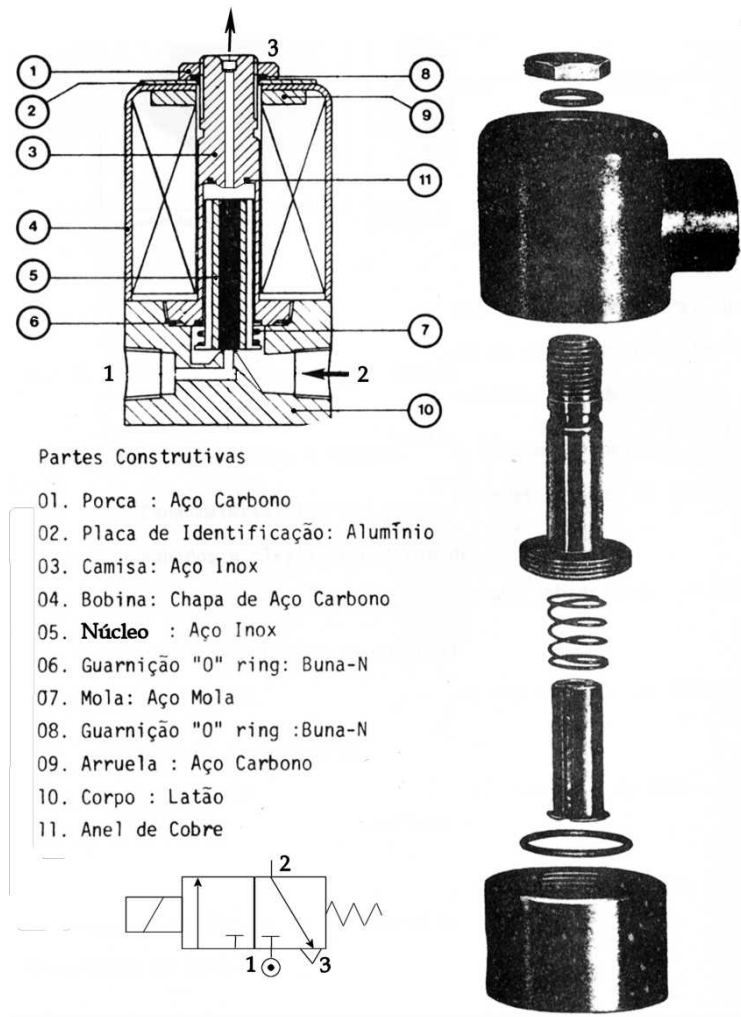


Figura 5.3: Acionamento por meio de solenóide.

5.1 Comandos eletropneumáticos básicos

5.1.1 Comando de um cilindro de simples ação

Ao acionarmos um botão de comando, a haste de um cilindro de ação simples com retorno por mola deve avançar. Enquanto mantivermos o botão acionado, a haste deverá permanecer avançada. Ao soltarmos o botão, o cilindro deve retornar à sua posição inicial.

5.1.2 Comando de um cilindro de dupla ação

Exemplo:

Exemplo: Um cilindro de ação dupla deve ser acionado por dois botões. Acionando-se

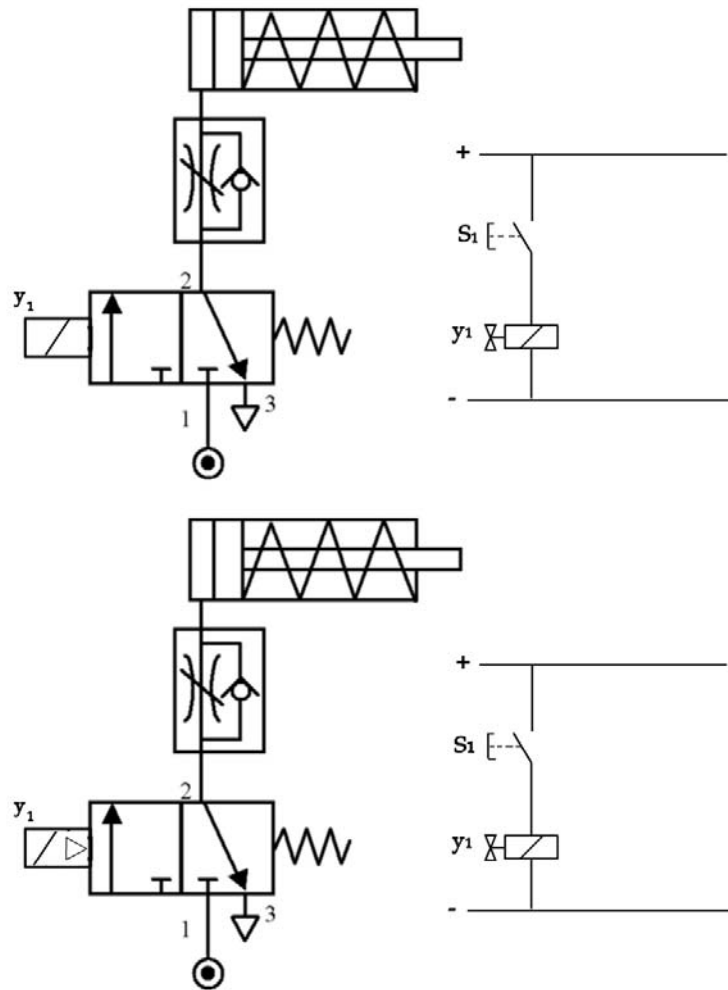


Figura 5.4: Avanço de um cilindro de simples ação.

o primeiro botão o cilindro deve avançar e permanecer avançado mesmo que o botão seja desacionado. O retorno deve ser comandado por meio de um pulso no segundo botão.

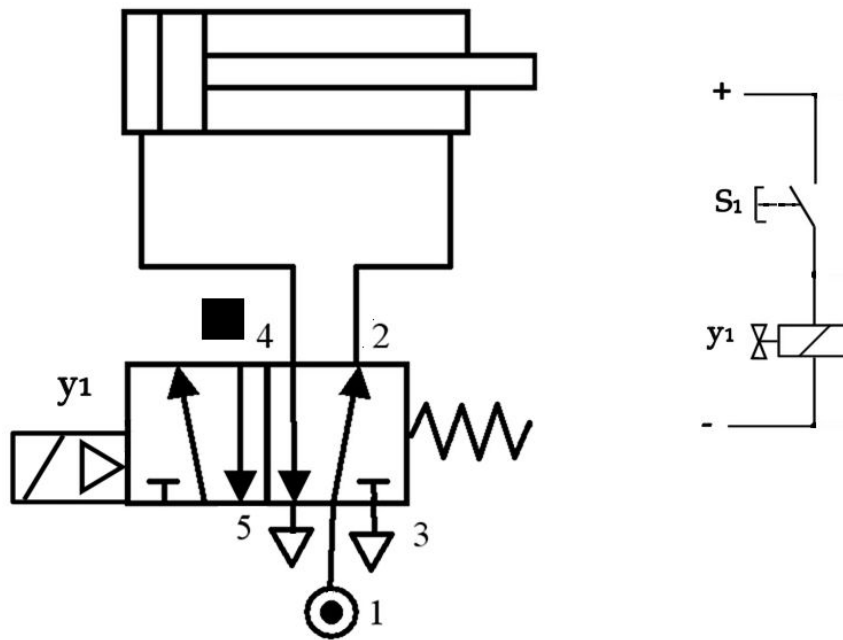


Figura 5.5: Avanço de um cilindro de dupla ação.

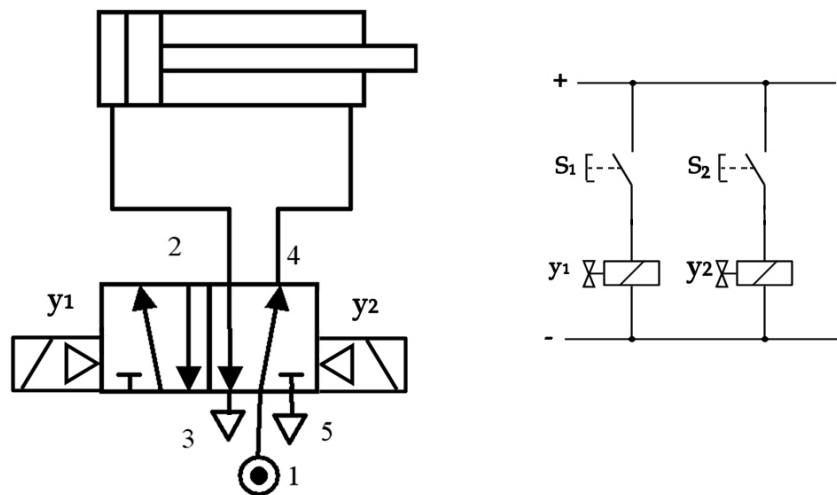


Figura 5.6: Avanço de um cilindro de dupla ação.

CAPÍTULO 6

HIDRÁULICA

Experiências têm mostrado que a hidráulica vem se destacando e ganhando espaço como um meio de transmissão de energia nos mais variados segmentos do mercado, sendo a Hidráulica Industrial e Móbil as que apresentam um maior crescimento. Porém, pode-se notar que a hidráulica está presente em todos os setores industriais. Amplas áreas de automatização foram possíveis com a introdução de sistemas hidráulicos para controle de movimentos. Para um conhecimento detalhado e estudo da energia hidráulica vamos inicialmente entender o termo Hidráulica. O termo Hidráulica derivou-se da raiz grega Hidro, que tem o significado de água, por essa razão entendem-se por Hidráulica todas as leis e comportamentos relativos à água ou outro fluido líquido, ou seja, Hidráulica é o estudo das características e uso dos fluidos líquidos sob pressão.

Na *HIDRÁULICA INDUSTRIAL* o fluido utilizado é o óleo hidráulico. O fluido tem a função de transmitir a energia convertida na bomba até os atuadores (cilindros ou motores) para realizarem trabalho.

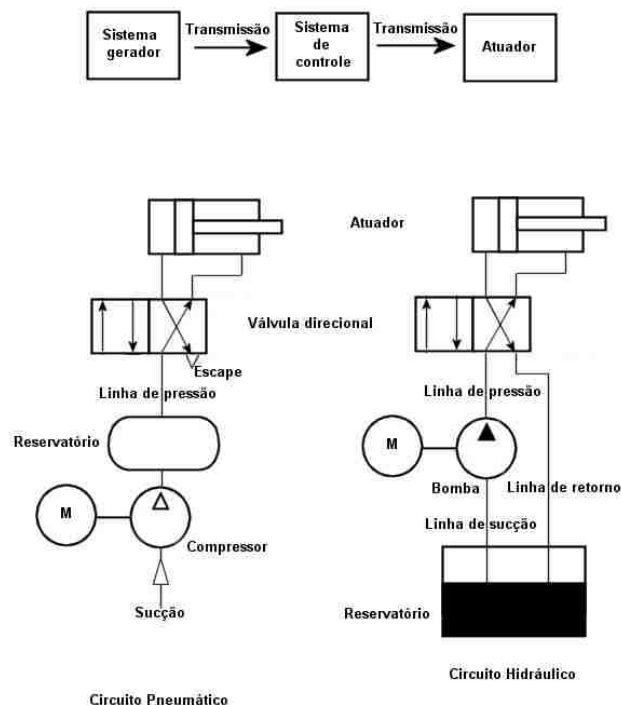


Figura 6.1: circuitos pneumático e hidráulico

Vantagens:

- Em aplicações com válvulas simples a compressibilidade do óleo é baixa sendo na prática desprezada;
- Com atuadores de pequeno tamanho é possível trabalhar com elevados níveis de pressão e vencer grandes cargas (força ou torque);
- Não há problemas de explosão, podendo trabalhar com pressões muito acima de 6 bar;
- O movimento dos atuadores é pouco afetado pela variação da resistência (variações na força ou torque);

Desvantagens:

- O óleo hidráulico é caro;
- São necessárias tubulações de retorno;
- As fugas provocam sujeiras ao redor da instalação;
- A velocidade de fluxo é baixa e é afetada pelas variações da temperatura.

Aplicações:

- Onde é necessário vencer grandes forças ou torques: prensas;
- Onde a velocidade da ferramenta acionada não deve ser afetada pela variação das resistências: máquinas-ferramentas para usinagem de metais e máquinas para movimento de terra;
- Onde deseja-se fazer paradas de movimento com melhor precisão, empregando atuadores simples.

6.0.3 Geração de vazão: hidráulica

A bomba é o elemento responsável pela conversão de "energia mecânica" em "energia hidráulica", com a função de "criar" a vazão e "suportar" um limite de pressão que surge na câmara do atuador e propaga-se até sua região de expulsão do fluido hidráulico. É de fundamental importância destacar que a pressão é uma variável dependente da carga: existe carga, surgirá a pressão conforme tamanho do atuador.

A bomba é componente essencial no sistema de acionamento primário, o qual é composto:

- Motor: elétrico ou térmico;
- Manômetro;
- Válvula de alívio;
- Reservatório.

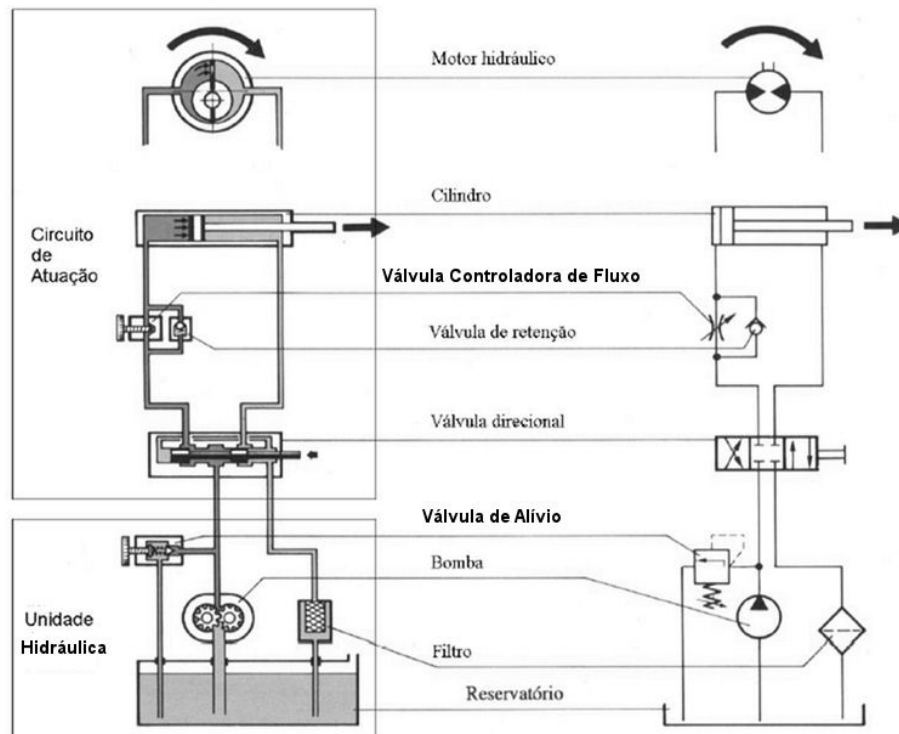


Figura 6.2: Unidade hidráulica

Similar ao sistema pneumático, a qualidade do fluido é de fundamental importância para o bom funcionamento do sistema hidráulico. Por garantia, deve-se em algum ramo do sistema prever a instalação de um filtro para reter as substâncias sólidas: na sucção da bomba, ou na linha de pressão (por onde passa o fluido que vem da bomba) ou na linha de retorno (por onde passa o fluido que volta ao reservatório).

O fluido hidráulico mais empregado é o óleo mineral, porém conforme as exigências de cada aplicação o fluido deve apresentar melhores qualidades. A dimensão de um óleo hidráulico é a sua viscosidade, ou seja, a característica que expressa numericamente a sua dificuldade em escoar. Quanto maior for a viscosidade, tanto maior é o atrito interno desse óleo hidráulico. Diretamente ligado a isso será a dificuldade da bomba em criar a vazão. Diz-se que o óleo é mais "grosso" por apresentar uma viscosidade alta, por outro lado é chamado "fino" por ter uma baixa viscosidade. A viscosidade é afetada pelo valor da temperatura¹: quanto maior a temperatura menor a viscosidade. Para deixar o óleo hidráulico mais encorpado são usados aditivos.

¹O índice de viscosidade indica como varia a viscosidade de um óleo conforme as variações de temperatura.

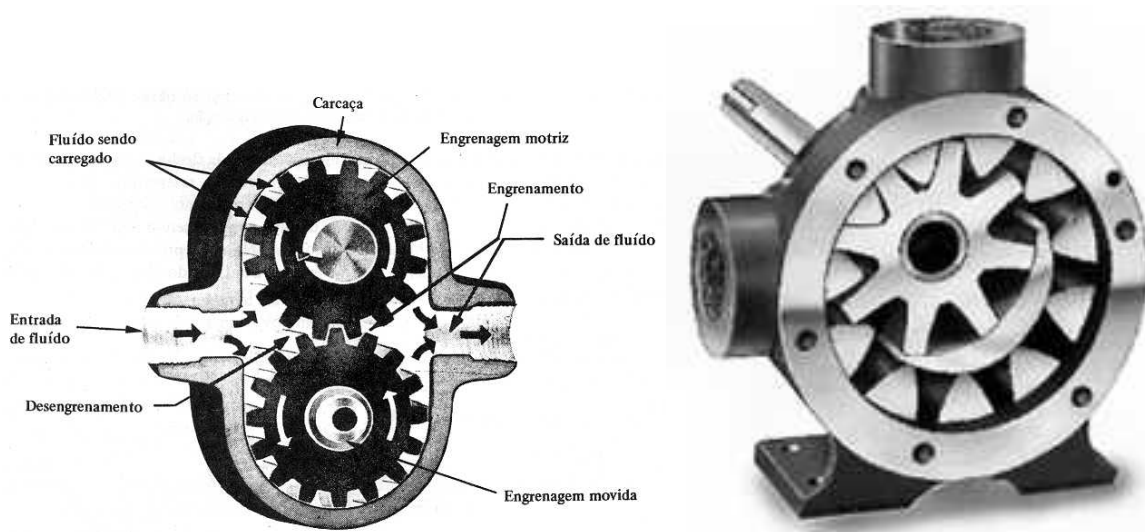


Figura 6.3: Bomba de engrenagens e bomba de engrenagens internas

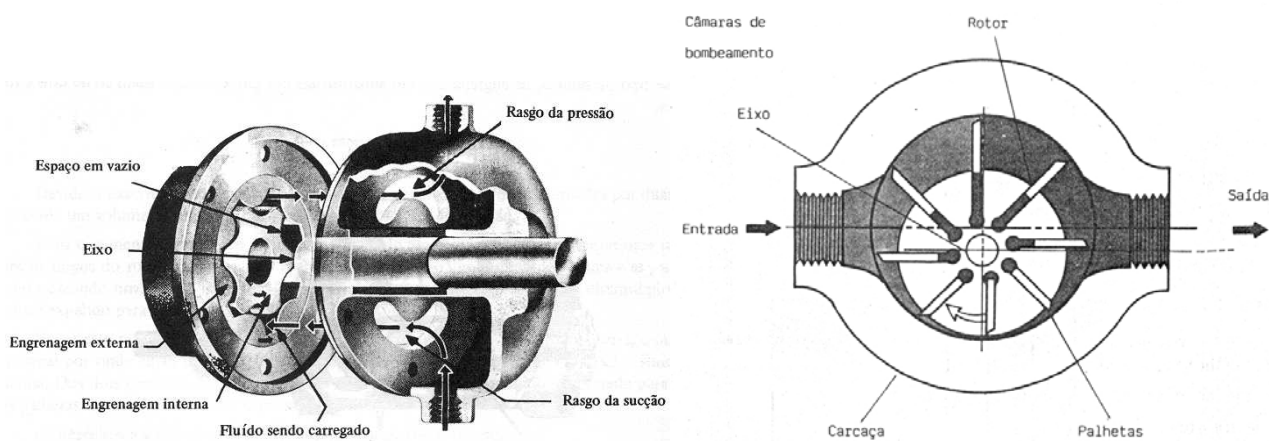


Figura 6.4: Bomba de excêntrico e bomba de palhetas

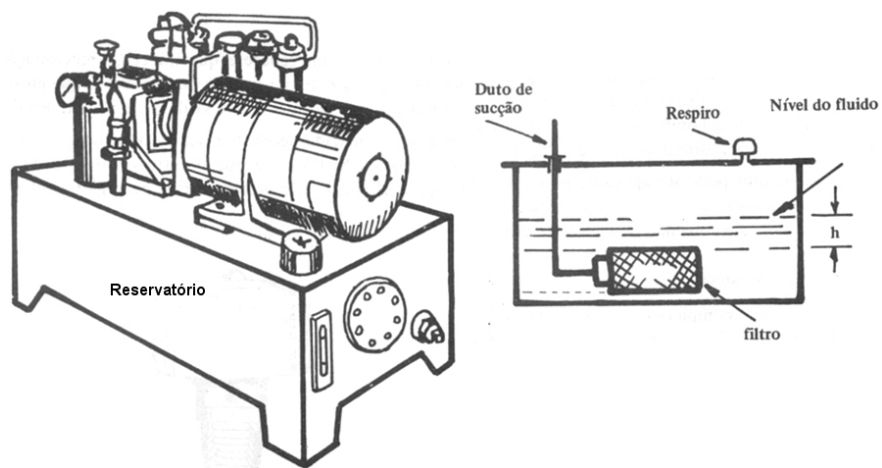


Figura 6.5: Unidade hidráulica - detalhe do tanque e filtro

COMANDOS HIDRÁULICOS BÁSICOS

Nos circuitos hidráulicos em geral, diferentemente dos pneumáticos, temos uma unidade de geração de vazão para cada circuito. Como vimos no capítulo anterior, uma unidade hidráulica de geração básica possui os seguintes componentes:

- filtro;
- reservatório;
- bomba;
- válvula de alívio.

A válvula de alívio ou de segurança tem a função de limitar a pressão máxima do circuito.

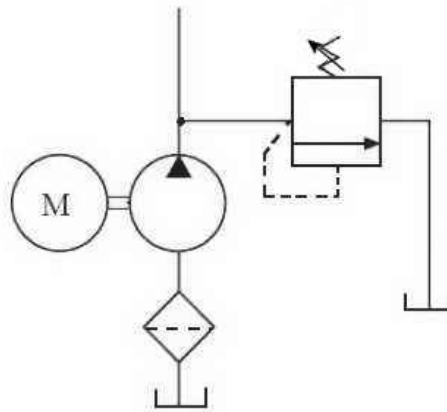


Figura 7.1: Unidade hidráulica.

7.1 Comando de um cilindro de simples ação

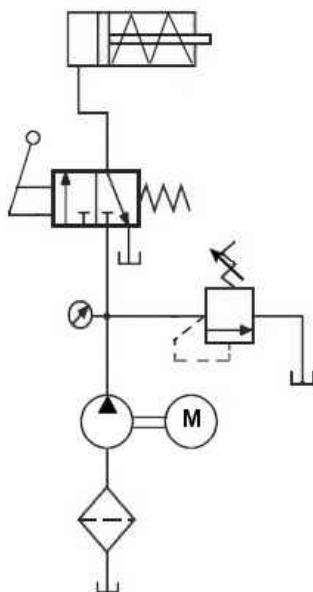


Figura 7.2: Comando de um cilindro de simples ação.

7.2 Comando de um cilindro de dupla ação

7.2.1 Com válvula direcional 4/2

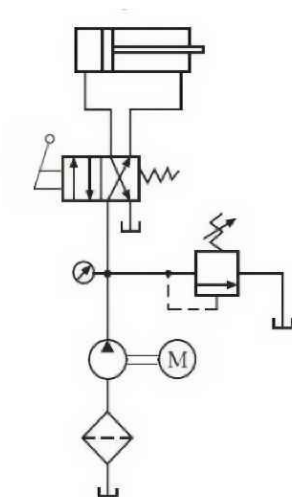


Figura 7.3: Comando de um cilindro de dupla ação.

7.2.2 Com válvula direcional 4/3

As válvulas hidráulicas industriais de 4 vias são geralmente válvulas de 3 posições, consistindo de 2 posições extremas e uma posição central.

As duas posições extremas da válvula direcional de quatro vias estão diretamente relacionadas ao movimento do atuador. Elas controlam o movimento do atuador em uma direção, tanto quanto na outra. A posição central de uma válvula direcional é projetada para satisfazer uma necessidade ou condição do sistema. Por este motivo, a posição central de uma válvula direcional é geralmente designada de condição de centro.

Há uma variedade de condições centrais disponíveis nas válvulas direcionais de quatro vias. Algumas destas condições mais conhecidas são: centro aberto, centro fechado, centro tandem e centro aberto negativo. Estas condições de centro podem ser conseguidas dentro do próprio corpo da válvula, com a simples utilização de um êmbolo adequado.

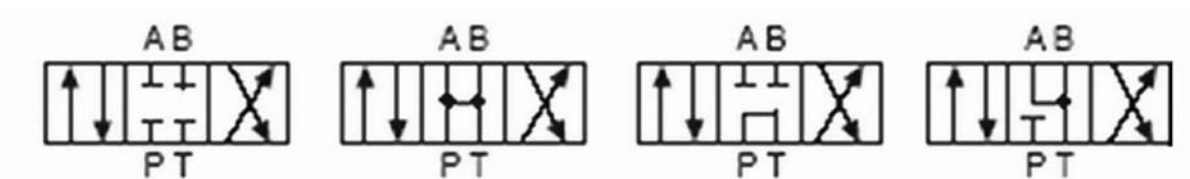


Figura 7.4: Tipos de centro para válvulas de três posições.

1. Centro Fechado

Uma válvula direcional com um carretel de centro fechado tem as vias P, T, A e B, todas bloqueadas na posição central.

Uma condição de centro fechado **para** o movimento de um atuador.

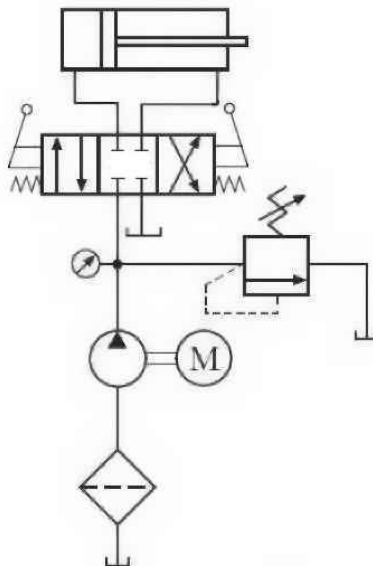


Figura 7.5: Cilindro de dupla ação comandado por uma válvula 4/3 centro fechado.

2. Centro Aberto

Uma condição de centro aberto permite o movimento livre do atuador enquanto o fluxo da bomba é devolvido ao tanque a uma pressão baixa. As válvulas de 4 vias, de centro aberto, são muitas vezes usadas em circuitos de atuadores simples. Nestes sistemas, depois do atuador completar o seu ciclo, o carretel da válvula direcional é centralizado e o fluxo da bomba retorna ao tanque a uma pressão baixa. Ao mesmo tempo, o atuador fica livre para se movimentar. Uma desvantagem da válvula de centro aberto é que nenhum outro atuador pode ser operado quando a válvula estiver centrada.

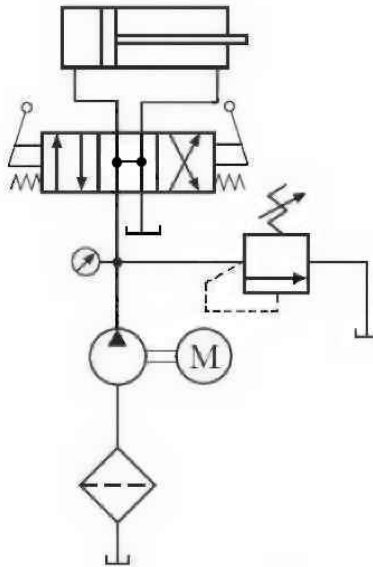


Figura 7.6: Cilindro de dupla ação comandado por uma válvula 4/3 centro aberto.

3. Centro em Tandem

Uma válvula direcional com um carretel de centro em tandem tem as vias P e T conectadas, e as vias A e B bloqueadas na posição central.

Uma condição de centro em tandem para o movimento do atuador, mas permite que o fluxo da bomba retorne ao tanque sem passar pela válvula limitadora de pressão.

4. Centro Aberto Negativo

Uma válvula direcional com um carretel de centro aberto negativo tem a via P bloqueada, e as vias A, B e T conectadas na posição central. Uma condição de centro aberto negativo permite a operação independente dos atuadores ligados à mesma fonte de energia, bem como torna possível a movimentação livre de cada atuador.

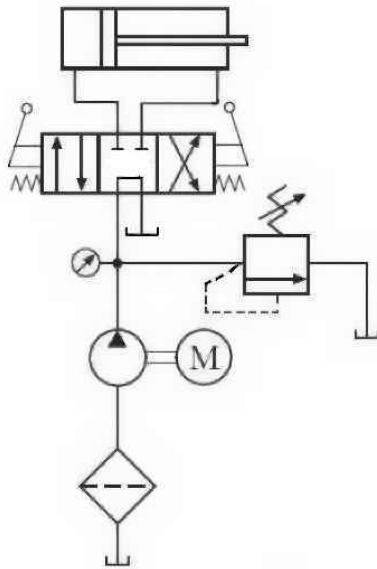


Figura 7.7: Cilindro de dupla ação comandado por uma válvula 4/3 centro em tandem.

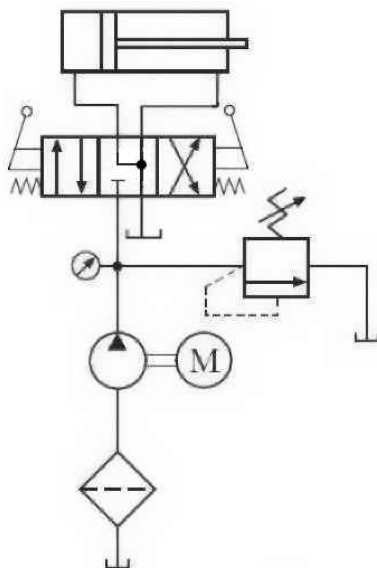


Figura 7.8: Cilindro de dupla ação comandado por uma válvula 4/3 centro aberto negativo.

CLP-CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

Os primeiros CLPs surgiram na década de 60 na indústria automobilística para substituir os painéis de relés. Fazer alterações nos painéis de relés não era econômico e quase sempre exigia sua substituição.

Os CLPs por possuírem uma lógica de controle programável, permitem essa modificação via software sem grandes mudanças no hardware.

Na década de 80 foi introduzido o microcontrolador e o CLP passou a contar com maior capacidade para executar algoritmos mais complexos e conexão via rede.

CLP¹, é um aparelho que possui memória programável para armazenar instruções que desenvolvem funções lógicas, seqüenciamento, temporização, contagem e operações aritméticas usadas para controlar diversos tipos de máquinas e aparelhos.

Podemos citar algumas das vantagens dos CLP em relação aos comandos convencionais:

- ocupam menos espaço;
- trabalham com menor potência elétrica;
- por serem programáveis, pode-se alterar os parâmetros de controle;
- são mais confiáveis;
- podem comunicar-se com outros CLPs ou computadores;
- os projetos do sistema de controle são mais rápidos.

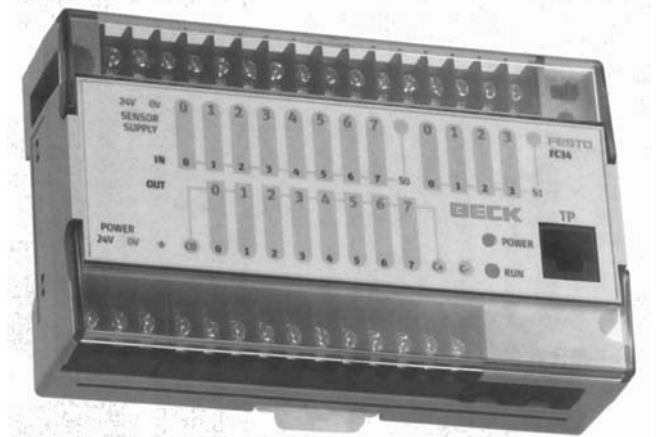


Figura 8.1: CLP.

¹A ABNT padronizou o nome deste equipamento como Controlador Programável, CP, porém a sigla CLP, em português ou PLC(Programable Logical Controller), em inglês se popularizou entre os usuários.

O CLP pode ser considerado um microcomputador destinado ao controle de um sistema ou de um processo. Possui uma arquitetura modular composta de fonte, CPU e módulos de entrada e saída, além de módulos para comunicação em rede. O controlador monitora o estado inicial e final dos dispositivos conectados aos terminais de entrada e, de acordo com o programa, controla os dispositivos conectados aos terminais de saída.

8.1 Módulos de entrada

Todo sinal recebido pelo CLP a partir de dispositivos ou componentes externos (sensores) são conectados aos módulos de entrada que podem ser analógicos ou digitais. Cada módulo possui normalmente 16, 8 ou 4 pontos de entrada onde podemos conectar os elementos de entrada tais como:

- Botões;
- microchaves;
- Sensores: indutivos, capacitivos, fotoelétricos, etc;
- Pressostatos, Termostatos;
- Contatos: relés, contadores, etc.

Os módulos de entrada devem atender a certos requisitos:

- ser seguros contra excessos ou alimentação indevida;
- devem possuir filtros de supressão de impulsos parasitários.

Estas características dependem do fabricante.

8.2 Módulos de saída

É através dos módulos de saída que todos os sinais são enviados pelo CLP para comandar dispositivos ou componentes do sistema de controle. Os módulos de saída possuem uma estrutura parecida ao dos módulos de entrada. Também podem ser analógicos ou digitais. Nos pontos de entrada dos módulos de saída podemos conectar:

- Sinalizadores: lâmpadas, buzinas, sirenes, etc;
- bobinas de relés e contadores;
- bobinas de válvulas solenóides;
- motores;
- inversores de frequência;
- servo-acionamentos, etc.

8.3 Programação

As linguagens de programação permitem a comunicação com o CLP através de um dispositivo de programação para definir as tarefas que o CLP deve executar.

Dentre as linguagens de programação podemos citar o diagrama ladder e o STEP5.

Ladder:

É uma linguagem de programação para CLP que baseia-se no diagrama de fiação elétrico.

A estrutura do diagrama ladder consiste de duas linhas verticais, chamadas linhas de alimentação, e de linhas horizontais, chamadas de linhas de contato ou caminhos de corrente².

Cada linha de contatos consiste de várias instruções(geralmente 8).³,

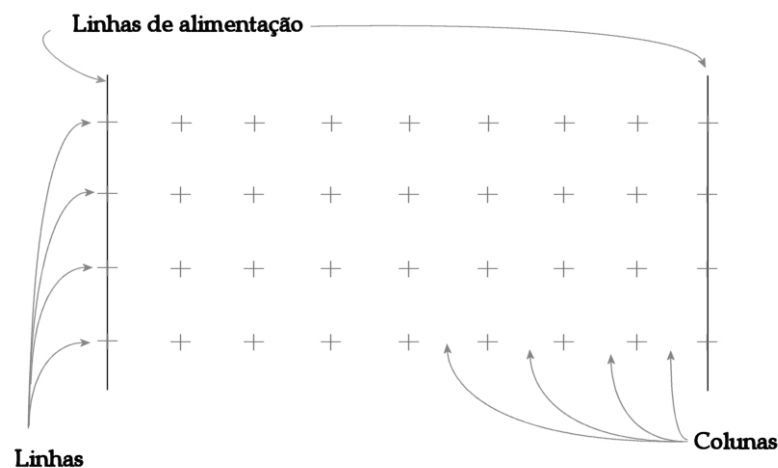


Figura 8.2: Estrutura de um diagrama ladder.

8.3.1 Instruções

Vamos estudar apenas as principais instruções usadas em programação ladder.

- Contato Normal Aberto(NA):
Funciona como um contato normal aberto de um relé.
- Contato Normal Fechado(NF): Funciona como um contato normal fechado de um relé.
- Bobina Simples: Funciona como uma saída digital física energizando o elemento ligado ao ponto de saída correspondente ou como saída auxiliar utilizada dentro do programa não energizando qualquer ponto de saída.

Símbolos:

Os elementos de entrada são colocados a esquerda e os de saída a direita sempre na última coluna.

²Daí o nome ladder que significa escada.

³Alguns modelos de CLP não possuem limite para o número de linhas.

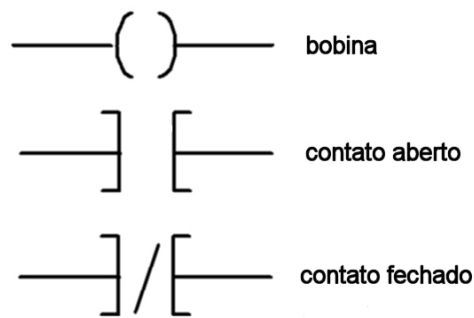


Figura 8.3: Símbolos.

8.4 Módulos de programação

Os módulos de programação servem para inserir na CPU do CLP o programa elaborado. São, portanto os elementos que fazem a ligação entre o homem e a máquina. Podem ter diversas configurações desde as mais simples as mais completas, podendo até fazer alteração do programa online. Pode-se também, através destes módulos monitorar as saídas como por exemplo energizar um determinado contato. Os computadores também podem ser usados para programar e/ou monitorar as CLP.

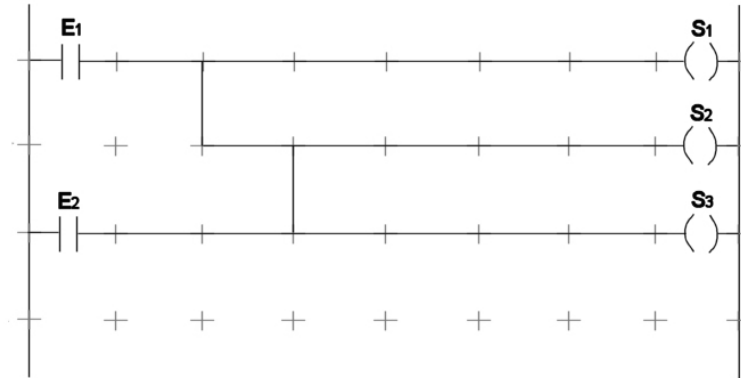


Figura 8.4: Diagrama ladder com duas entradas NA e três saídas.

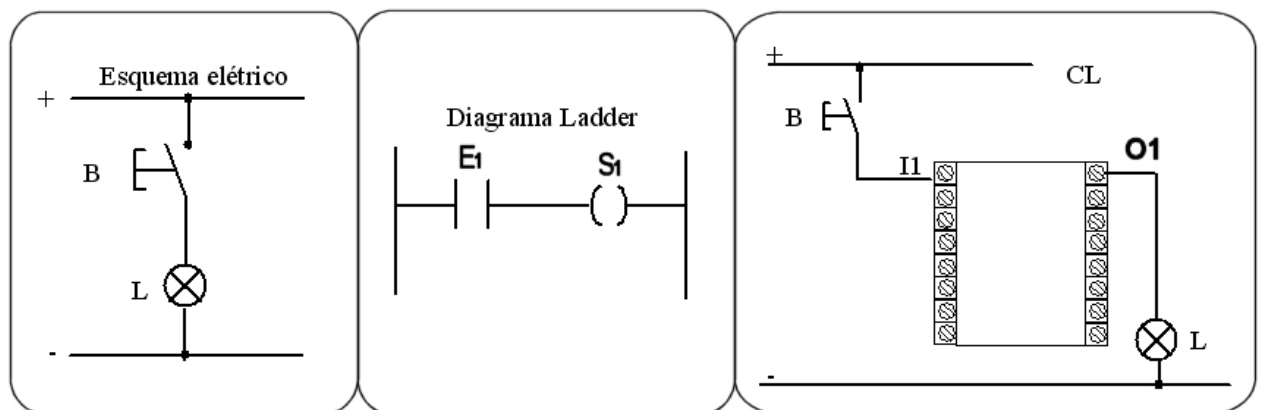


Figura 8.5: Exemplo1:A lâmpada L1 deve ser acesa por um botão.

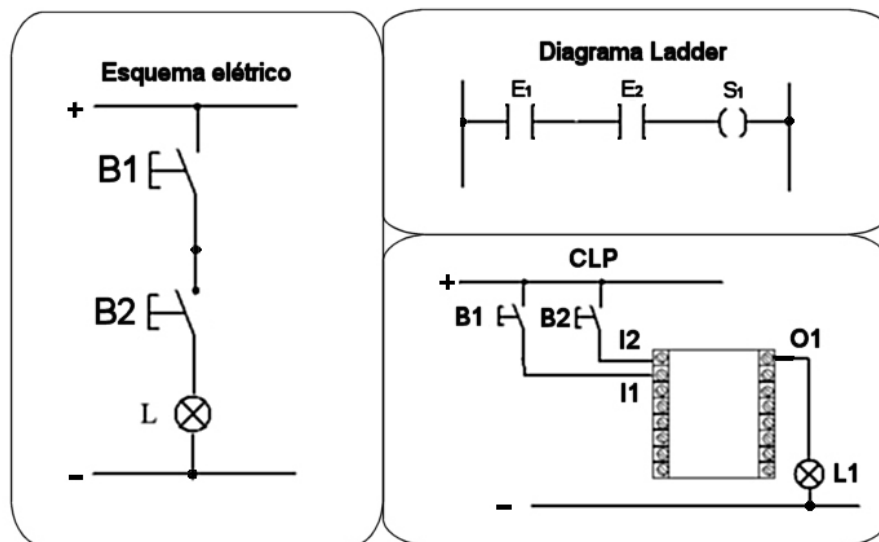


Figura 8.6: Exemplo2.:A lâmpada L1 só deve acender se dois botões B1 e B2 forem acionados. Neste caso temos uma associação lógica E.

COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO

9.1 Introdução

A diferença entre os equipamentos convencionais e os equipados com Controle Numérico é que nestes, não existe a necessidade de gabaritos, cames, limites, etc., para o controle dos movimentos da máquina. Através de um programa ou de dados de entrada, os movimentos são executados de maneira bastante uniforme e a qualidade das peças executadas tem maior garantia quando comparada àquelas feitas nas máquinas convencionais. Sua grande vantagem está na execução de peças complexas e na redução dos tempos improdutivos devido à troca e posicionamento das ferramentas.

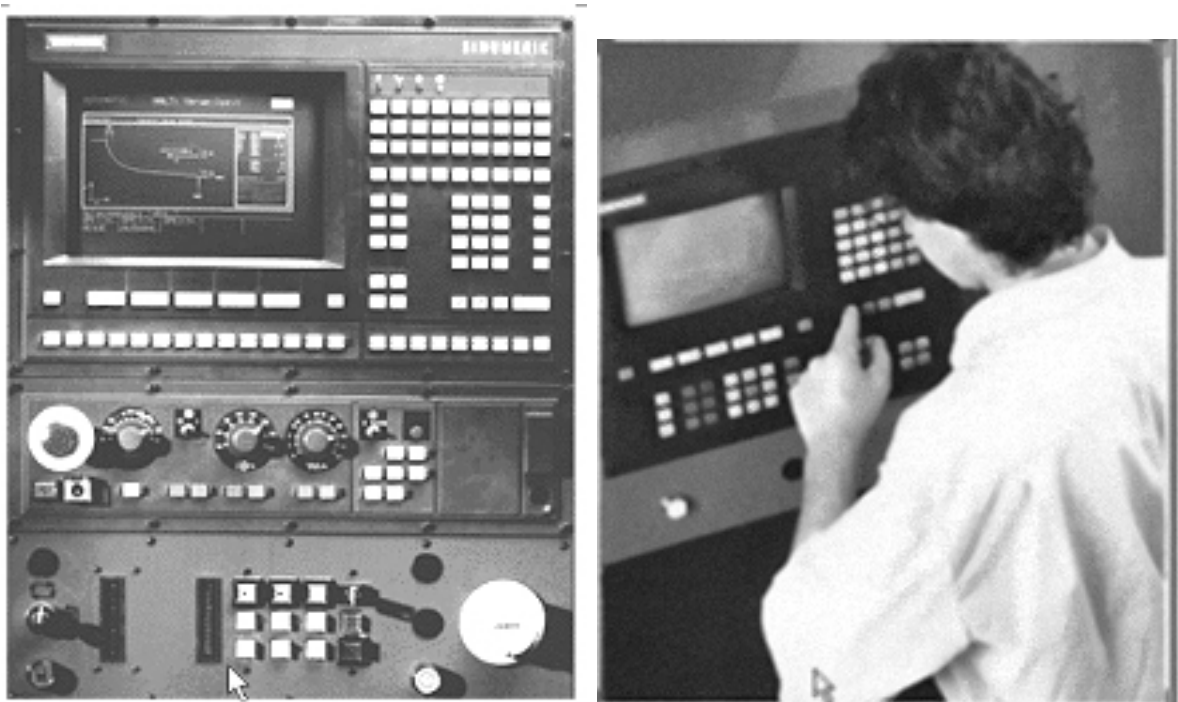


Figura 9.1: CNC.

Um sistema de controle numérico comanda as ações de uma ou mais máquinas por interpretação automática de instruções expressas em números. A palavra "interpretação" refere-se a conversão de alguns ou todos os dados numéricos, como distâncias, ângulos, temperaturas,

concentrações, etc. Estas são quantidades mensuráveis cujas magnitudes podem ser expressa numericamente, assim como numero de pessoas ou quantia em dinheiro. Uma máquina numericamente controlada (mais conhecida como Máquinas CN/CNC*), recebe informações em forma digital. Números em códigos indicando dimensões de peças que podiam ser produzidos em cartões perfurados na década de 60 (sistemas de transmissões de dados deste tipo era possível ser encontrado até na década de 80), eletronicamente gravados em fita magnética, como é mais comum atualmente em disquetes ou até mesmo num banco de dados centralizado. Operações de manufatura têm sido usadas com auxilio do controle numérico com muito sucesso, e cada dia mais percebemos possibilidade mais generalizadas de sistemas alimentados com informações CN/CNC (desde as máquinas de usinagem CN/CNC até maquinas de costura ou de bordar), embora grande parcela das máquinas CN/CNC está nas máquinas ferramenta (ou de usinagem) citarei agora alguns outros usos do sistema CN que não serão tratados aqui:-Prensas, máquinas de rebitagem, máquinas de corte a lazer ou a maçarico, dobradeiras de tubos, máquinas de teste de circuitos, máquinas de inspeções, máquinas de montagens eletrônicas, máquinas de traçagens, sistemas industriais em fabrica de papel, tecidos controles diversos em diversos tipos de indústrias químicas, ou seja, um campo tão grande como a vastidão do uso do computador que a cada dia se descobre uma nova possibilidade de uso. Para demonstrarmos historicamente como surgiu a tecnologia CNC, é preciso falar sobre os acontecimentos importantes que permitiram o surgimento deste conceito que mudou os rumos da manufatura e que hoje nos permite produzir produtos de extrema complexidade.

No Controle Numérico (CN) todas as informações geométricas e dimensionais contidas em uma peça, conhecida por meio de desenhos e cotas (números), são entendidas e processadas pela máquina, possibilitando a automação da operação.

9.2 CN ou CNC?

As unidades de comando empregadas são de dois tipos: a Controle Numérico (CN) convencional e a Controle Numérico Computadorizado (CNC). A divisão nas UC determinou uma conseqüente separação em dois grupos de máquinas normalmente definidas como a CN e a CNC. É importante ressaltar a tendência de substituição das máquinas a CN pelas CNC.

No controle numérico (CN) convencional, muitas funções da máquina são predeterminadas exclusivamente pela estrutura rígida dos circuitos elétricos/eletrônicos que formam a unidade de comando; o nível de flexibilidade está ligado à introdução de programas novos ou modificados.

No controle numérico computadorizado (CNC), uma série de funções da máquina se tornam flexíveis graças à introdução de um computador na unidade de comando(UC); o resultado é um nível de flexibilidade não mais ligado apenas aos programas de usinagem, mas também à estrutura lógica da UC, que pode ser modificada sem alterar o sistema físico dos circuitos eletrônicos (hardware).

Em resumo podemos dizer:

O Comando Numérico Computadorizado (CNC), é um equipamento eletrônico que recebe informações sobre a forma com que a máquina vai realizar uma operação, por meio de linguagem própria, denominado programa CNC, processa essas informações, e devolve-as ao sistema através de impulsos elétricos. Os sinais elétricos são responsáveis pelo acionamento dos moto-

res que darão à máquina os movimentos desejados com todas as características da usinagem, realizando a operação na seqüência programada sem a intervenção do operador.

9.3 Tipos de equipamento de usinagem com comando numérico

- **CENTROS DE TORNEAMENTO:**
São tornos com grande capacidade de remoção de cavaco equipados com CN. Podem realizar todas as operações de torneamento: torneiar paralelo, facear, canais, roscar, perfilar, operações internas. Possuem ainda grande precisão e repetibilidade .
- **CENTROS DE USINAGEM:**
São máquinas, em geral de grande porte, com grande capacidade de remoção de cavaco equipadas com CN. Podem ser horizontais ou verticais. Realizam operações diversas como: mandrilhamento, faceamento, furação, roscamento, alargamento, canais, rasgos, perfilamento, superfícies em planos diversos, etc.. Possuem ainda grande precisão e repetibilidade.
- **SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICAÇÃO (Células de Manufatura):**
São constituídos de duas ou mais máquinas com CN, interligadas, com trocadores e transportadores automáticos de peças que podem realizar operações consecutivas ou simultâneas. Podem possuir sistema sensível de desgaste de ferramentas, analisador de quebra de ferramentas, sistema auto diagnóstico de avarias.
- **COMANDO NUMÉRICO CONTROLADO POR UMA UNIDADE CENTRAL DE COMPUTADOR - DNC:**
São várias máquinas com Comando Numérico controladas por um computador central.
- **COMANDOS ADAPTATIVOS - CNA:**
Além das funções normais do CNC possuem uma função de correção de variáveis que podem ser medidas continuamente. Eles, através de servo mecanismos, fazem a medição da peça e comparam com um modelo ideal e processam a correção, caso necessário. Podem controlar: a velocidade de corte, o avanço, a medida das peças, vibrações, posicionamento, etc.

9.4 Programação e operação

Uma máquina com CNC possui recursos que permitem tornar as tarefas mais fáceis de executar:

- Troca de ferramenta automática;
- Contornos em torneamento ou fresamento sem necessidade de copiador;
- Roscamento sem a necessidade de caixa de engrenagens;

- girar o magazine de ferramentas .¹,

Para Centros de usinagem.

- Automático:

O Comando obedece às instruções introduzidas por programa. Neste modo de operação podem ser executadas todas as operações e funções possíveis de ser programadas, compatíveis com os recursos existentes na máquina.

¹Dispositivo aonde se armazena as ferramentas na maquinas.

9.4.1 Os eixos nas máquinas CNC

², Um modo simples de conceituar eixo é: cada movimento possível de ser feito na direção de um dos eixos do sistema cartesiano, ou seja, se a máquina pode se movimentar na direção X Y e Z.³,

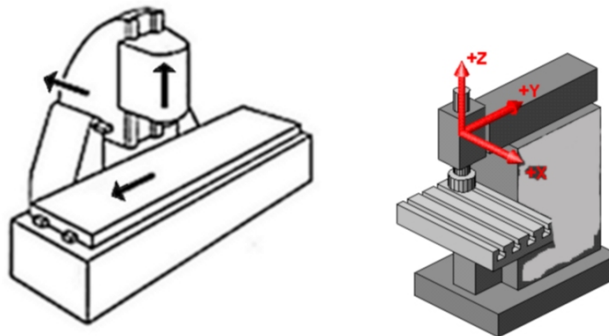


Figura 9.3: Máquina simples de três eixos.

Acima vemos uma máquina com os três eixos X, Y e Z, que são conhecidos como eixos lineares primários, mas existem máquinas de quatro ou cinco eixos!; Então que tipo de eixos são estes que não sejam X Y e Z?

Os outros dois no caso de uma máquina cinco eixos são os eixos rotativos ou giratórios ou ainda eixos angulares, estes eixos se movimentam em torno de um dos três eixos primários X, Y e Z, do seguinte modo se girar como se fosse em torno de um eixo paralelo ao eixo X este levará o nome de eixo A, se em torno do eixo Y se chamará B e em torno de Z por consequência seria o C.

Em uma máquina CNC só são considerados os eixos programáveis. Por exemplo, uma fresadora universal CNC com 3 eixos, significa que somente os eixos x, y e z são programáveis e o eixo C, rotação da fresa neste caso não é programável.

9.4.1.1 Definição dos eixos:

Em geral, as seguintes regras podem ser seguidas:

Eixo z Nas máquinas que possuem um cabeçote principal giratório (tornos e fresadoras) o eixo z coincide com o eixo de rotação.

Eixo x O eixo x é o eixo principal da mesa de trabalho. deve, sempre que possível, ser horizontal. Nos tornos e retificadoras, o eixo x é radial em relação ao eixo de rotação e paralelo a guia do carro transversal.

Eixo y O eixo y fica estabelecido pela regra da mão direita.

²Definem-se como EIXOS CNC todos movimentos direcionais sejam eles lineares ou angulares que podem ser programados contemporaneamente e ao mesmo tempo atingem o ponto final programado.

³É comum encontrarmos máquinas de dois eixos e meio, o movimento do eixo que denomina esta máquina como 'meio' é conhecido por movimento indexado ou seja não contínuo, pois só atua quando os outros eixos estão parados.

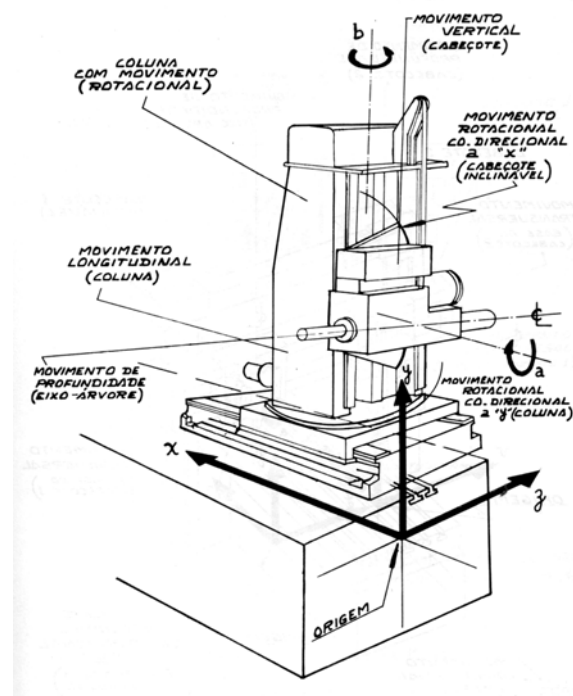


Figura 9.4: Máquina cinco eixos.

Existem máquinas de seis, sete ou até mais eixos que além dos eixos lineares primários podem possuir outros três eixos lineares, que são conhecidos como eixos lineares secundários, e suas disposições são da seguinte maneira, se o eixo é paralelo ao X se chamará U, se paralelo a Y o nome será V, se paralelo ao eixo Z recebe o nome de W; Deste modo já se somam nove eixos possíveis em uma máquina CNC; porém isto não para por aí, pois pode haver máquinas de até 15 eixos, porém seriam casos muito especiais.

Outro aspecto importante sobre os eixos de máquinas CNC seria onde estes eixos se movimentam, ou seja, os eixos podem movimentar o cabeçote da máquina e a mesa fica parada ou vice-versa, ou então alguns eixos movimentam a mesa e outros o cabeçote, as combinações podem ser muitas.

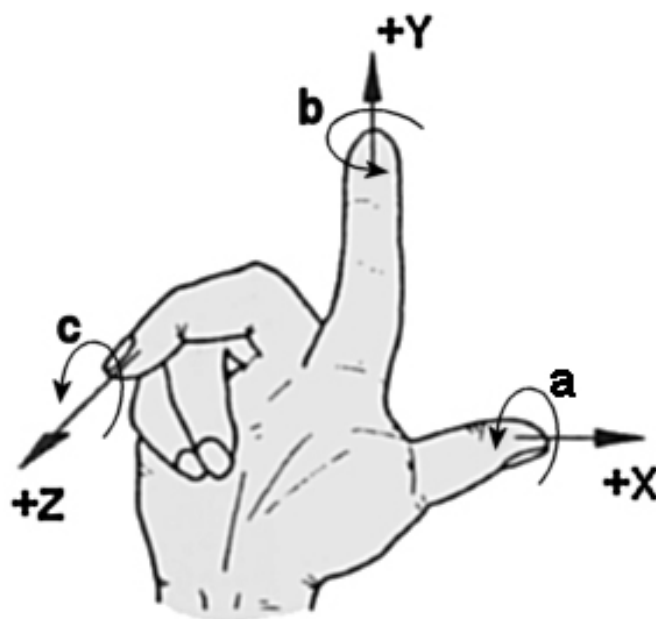


Figura 9.5: Regra da mão direita para identificar o sentido de giro dos eixos rotativos.

9.4.2 Coordenadas

A geometria da peça é originada pelos movimentos da máquina operatriz CNC, os quais são comandados e controlados pelo comando da máquina. Porém, o Comando precisa receber informação para reconhecer qual dos componentes, carros, mesas, cabeçotes, árvores de rotação, deve ser comandado e controlado num dado momento.

Estas informações são fornecidas pelo programa, onde as direções e o sentido dos movimentos são designadas através de simbologia Normalizada.

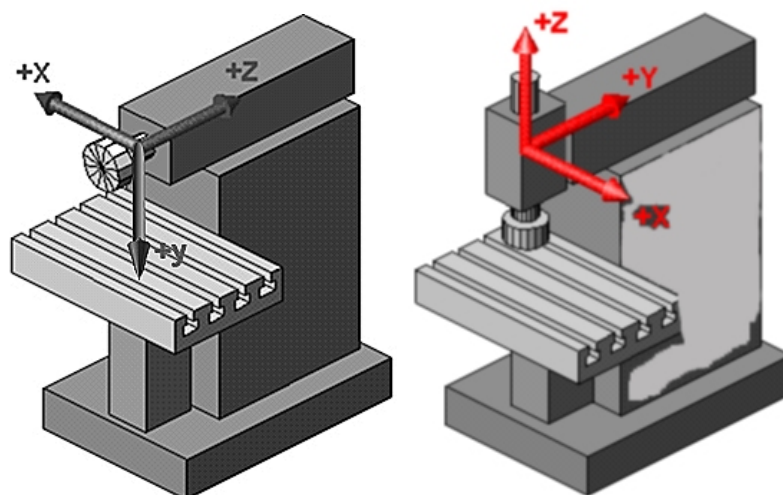


Figura 9.6: Os eixos.

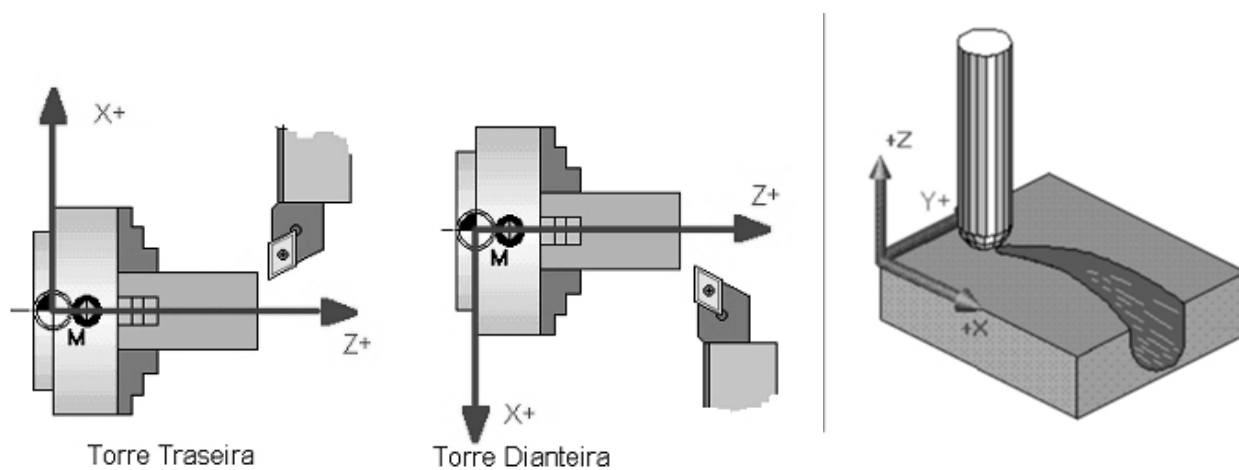


Figura 9.7: Coordenadas.

9.4.2.1 Sistema de Coordenadas Absoluto

Neste sistema, todos os pontos são definidos por um sistema de coordenadas ortogonais e o ponto de intercessão destes eixos é a origem. O ponto de origem do sistema de coordenadas absolutas, pode ser fixo ou flutuante.

No sistema com zero fixo, para todas as peças a referência é sempre a mesma que é definido pelo sistema da máquina.

No sistema com zero flutuante, o ponto zero pode ser definido em qualquer ponto do plano de trabalho.

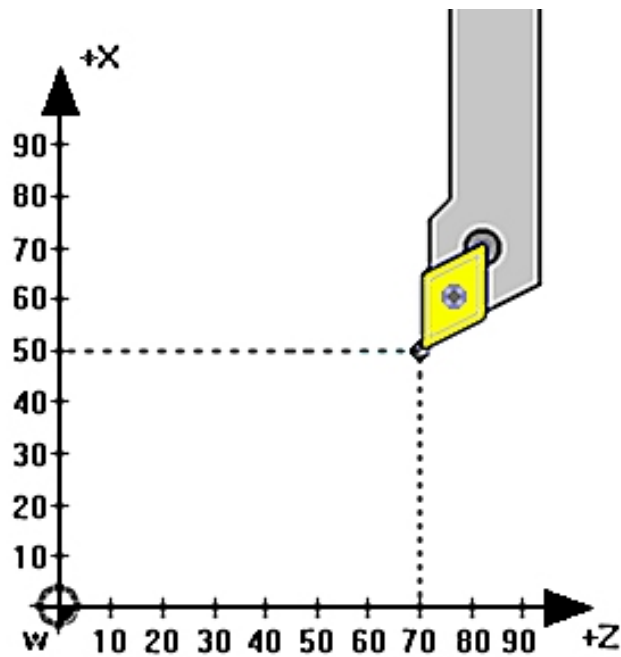


Figura 9.8: Coordenadas Absolutas.

9.4.2.2 Sistema de Coordenadas Incremental

A localização do ponto a ser atingido (ponto meta) é sempre baseada no último ponto atingido. Podemos dizer que neste sistema trabalhamos com deslocamentos.

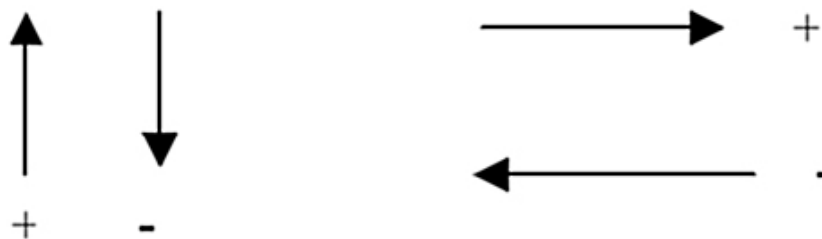


Figura 9.9: Sistema de coordenadas incremental.

9.4.2.3 Ponto zero da máquina(M)

O Ponto Zero da Máquina é a origem do Sistema de Coordenadas da Máquina. É representado pela letra M.

Este ponto é ajustado pelo fabricante e não pode ser alterado. Todas as medidas da máquina são referenciadas a este ponto. Este ponto, no caso dos tornos, fica localizado na intersecção

da linha de centro da árvore principal(fuso) com a superfície de encosto do dispositivo de sujeição de peças(placa, porta pinças).

No caso das furadeiras e fresadoras , o ponto zero da máquina fica localizado na mesa de trabalho.

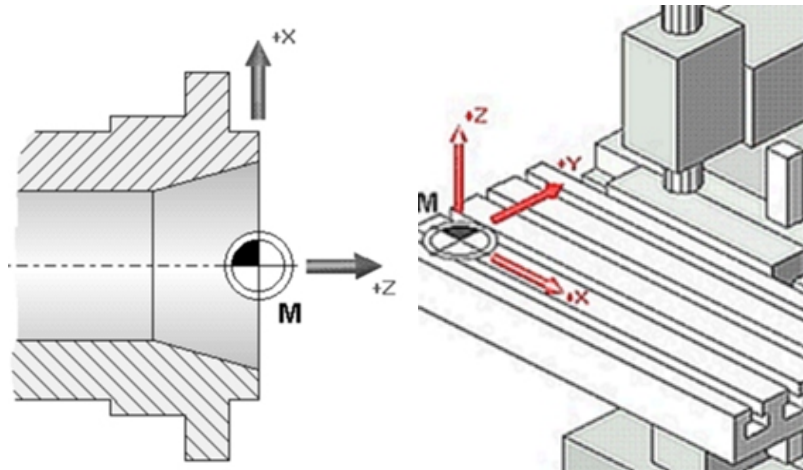


Figura 9.10: Ponto zero da máquina.

9.4.2.4 Ponto zero da peça(W)

É a origem do Sistema de coordenadas da peça. É introduzido pelo operador ou pelo programa, definindo-se as distâncias X e Z, no caso do torno e X, Y e Z, para fresadoras, ao ponto zero da máquina. Pode ser alterado quantas vezes for necessário, por conveniência, dentro do programa.

Nas peças torneadas, o ponto zero da peça pode ser colocado na intersecção do eixo de rotação com a face da peça.

Em peças fresadas, o ponto zero da peça pode ser colocado na intersecção das superfícies de referência da peça. De preferência pelo menos uma destas superfícies já devem ter sido usinadas.

9.4.2.5 Ponto de referência(R)

É um ponto situado da área de trabalho da máquina, fixado pelo fabricante, que deve ser alcançado toda vez que a máquina for ligada para sincronizar o sistema de medida.

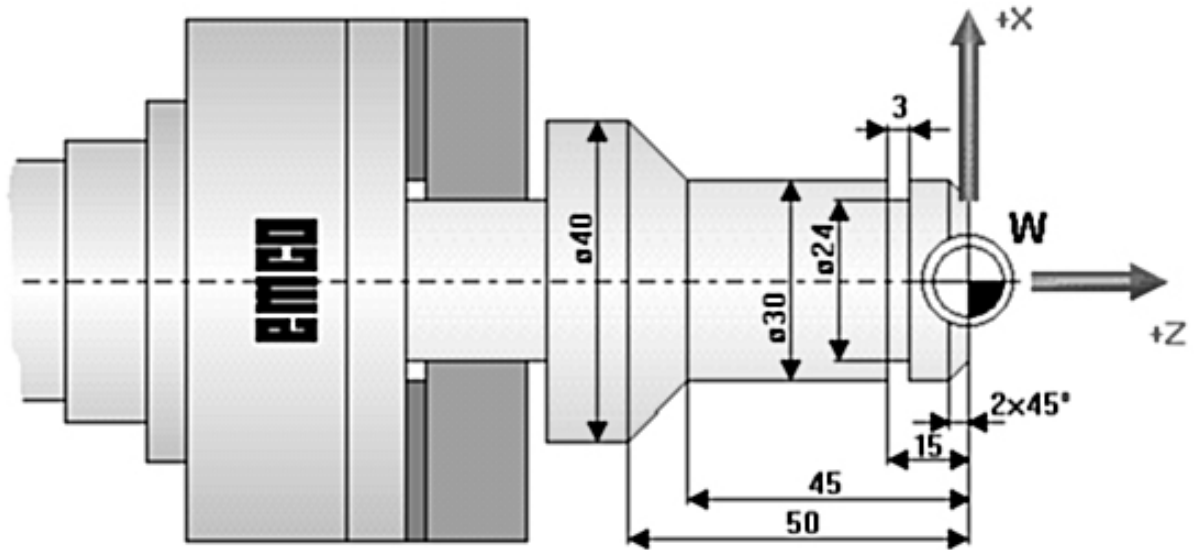


Figura 9.11: Ponto Zero da Peça.

9.4.3 O programa

Abordaremos apenas o sistema ISO de programação que é adotado como padrão pela grande maioria dos fabricantes de comandos numéricos.

O programa CN é a maneira com nos comunicamos com a máquina.

Um programa CN é uma seqüência de sentenças que são memorizadas pelo comando e executadas uma após a outra, que induz a máquina a executar uma tarefa predeterminada.

9.4.3.1 Estrutura do programa

O programa é constituído de um início seguido de vários blocos e um fim.

O início consiste de um número de programa que o identifica.

Um bloco consiste de um número de bloco e de uma ou mais palavras.

Cada palavra consiste de um endereço e de um valor numérico. As palavras definem as funções

O endereço é uma instrução, indicado por uma letra, que é passado ao comando para executar um movimento ou definir um determinado modo de operação (G, X, O, B, I, K, etc.).



Figura 9.14: Programa CN

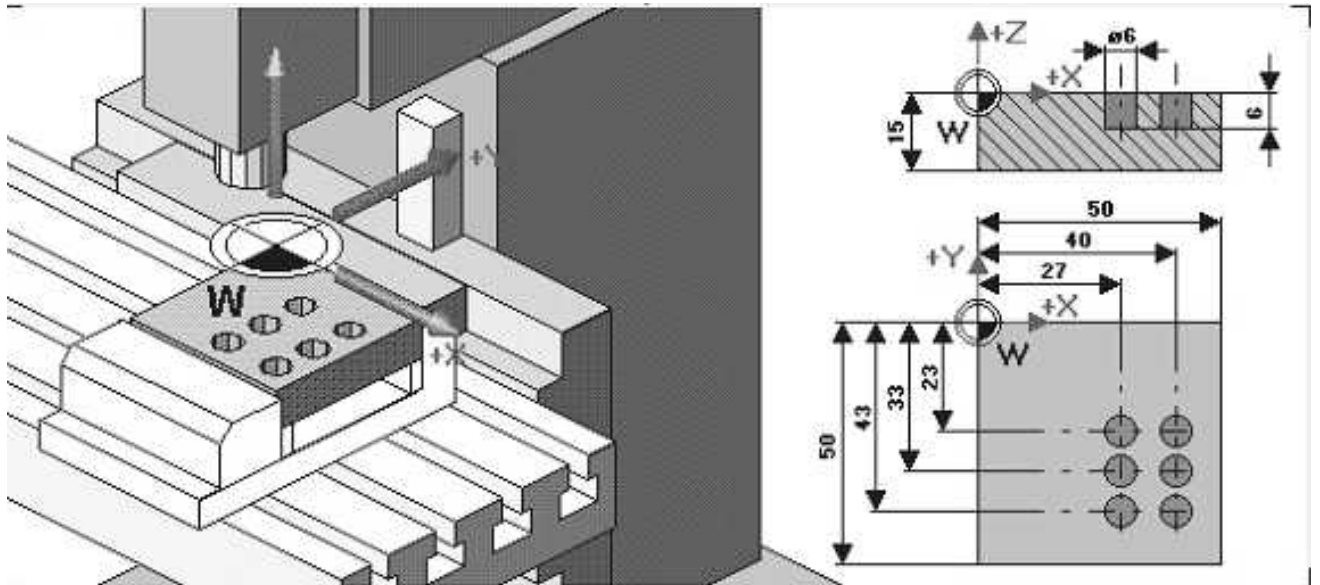


Figura 9.12: Ponto Zero da Peça.

9.4.3.2 Funções

As funções são os comandos de programação.
As funções podem ser:

modais - São funções que uma vez programadas permanecem na memória do comando valendo para todos os blocos posteriores.

não modais - São as funções que toda vez que forem necessárias devem ser programadas. São válidas apenas nos blocos que as contêm.

9.4.3.3 Tipos de funções

- Funções preparatórias;
- Funções de posicionamento;
- Funções auxiliares ou complementares.

Funções preparatórias: São aquelas que preparam ou modificam o comando para um determinado modo de operar.

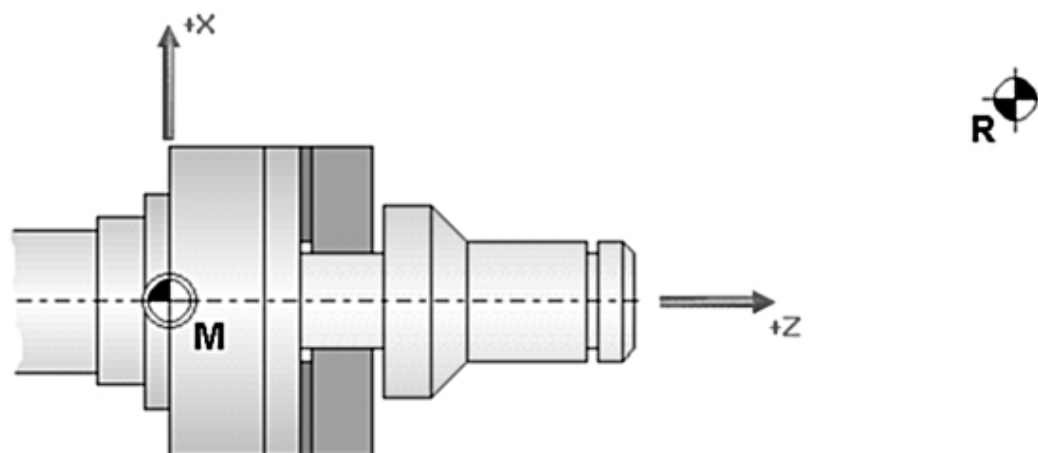


Figura 9.13: Ponto de Referência.

Tabela 9.1: Funções G (ISO 1056)

Código G	Função
G00	Posicionamento rápido
G01	Interpolação linear
G02	Interpolação circular no sentido horário
G03	Interpolação circular no sentido anti-horário
G04	Temporização
G05	Não registrado
G06	Interpolação parabólica
G07	Não registrado
G08	Aceleração
G09	Desaceleração
G10 a G16	Não registrado
G17	Seleção do plano XY
G18	Seleção do plano ZX
G19	Seleção do plano YZ
G20	Programação em sistema Inglês (Polegadas)
G21	Programação em sistema Internacional (Métrico)
G22 a G24	Não registrado
G25 a G27	Permanentemente não registrado
G28	Retorna a posição do Zero máquina
G29 a G32	Não registrados
G33	Corte em linha, com avanço constante
G34	Corte em linha, com avanço acelerando
G35	Corte em linha, com avanço desacelerando
G36 a G39	Permanentemente não registrado
G40	Cancelamento da compensação do diâmetro da ferramenta
G41	Compensação do diâmetro da ferramenta (Esquerda)

Tabela 9.1: Funções G (ISO 1056)(continuação)

Código G	Função
G42	Compensação do diâmetro da ferramenta (Direita)
G43	Compensação do comprimento da ferramenta (Positivo)
G44	Compensação do comprimento da ferramenta (Negativo)
G45 a G52	Compensações de comprimentos das ferramentas
G53	Cancelamento das configurações de posicionamento fora do zero fixo
G54	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (01)
G55	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (02)
G56	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (03)
G57	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (04)
G58	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (05)
G59	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (06)
G60	Posicionamento exato (Fino)
G61	Posicionamento exato (Médio)
G62	Posicionamento (Grosseiro)
G63	Habilitar óleo refrigerante por dentro da ferramenta
G64 a G67	Não registrados
G68	Compensação da ferramenta por dentro do raio de canto
G69	Compensação da ferramenta por fora do raio de canto
G70	Programa em Polegadas
G71	Programa em metros
G72 a G79	Não registrados
G80	Cancelamento dos ciclos fixos
G81 a G89	Ciclos fixos
G90	Posicionamento absoluto
G91	Posicionamento incremental
G92	Zeragem de eixos (mandatário sobre os G54...)
G93	Avanço dado em tempo inverso (Inverse Time)
G94	Avanço dado em minutos
G95	Avanço por revolução
G96	Avanço constante sobre superfícies
G97	Rotação do fuso dado em RPM
G98 e G99	Não registrados

Os códigos que estão como não registrados indicam que a norma ISO não definiu nenhuma função para o código, os fabricantes de máquinas e controles tem livre escolha para estabelecer uma função para estes códigos, isso também inclui os códigos acima de G99.

Funções de posicionamento: São aquelas que definem a posição onde determinada operação deve ser realizada.

Tabela 9.2: Funções de posicionamento

Código	Função
X	posicionamento no eixo x
Y	posicionamento no eixo y
Z	posicionamento no eixo z
R (1)	raio de um arco
I (1)	posicionamento auxiliar na direção x
K (1)	posicionamento auxiliar na direção z
(1)Estas funções não são padronizadas e dependendo da máquina e do comando podem ter outros significados.	

Funções auxiliares e complementares: São aquelas que complementam as informações contidas em um bloco.

Tabela 9.3: Funções auxiliares

Código	Função
s	velocidade de corte
f	avanço
t	troca de ferramenta
m	funções auxiliares diversas

Tabela 9.4: Funções M (ISO 1056)

Código M	Função
M00	Parada programa
M01	Parada opcional
M02	Fim de programa
M03	Liga o fuso no sentido horário
M04	Liga o fuso no sentido anti-horário
M05	Desliga o fuso
M06	Mudança de ferramenta
M07	Liga sistema de refrigeração numero 2
M08	Liga sistema de refrigeração numero 1
M09	Desliga o refrigerante
M10	Atua travamento de eixo
M11	Desliga atuação do travamento de eixo
M12	Não registrado
M13	Liga o fuso no sentido horário e refrigerante
M14	Liga o fuso no sentido anti-horário e o refrigerante
M15	Movimentos positivos (aciona sistema de espelhamento)
M16	Movimentos negativos
M17 e M18	Não registrados

Tabela 9.4: Funções M(ISO 1056) (continuação)

Código M	Função
M19	Parada do fuso com orientação
M20 a M29	Permanentemente não registrado
M30	Fim de fita com rebobinamento
M31	Ligando o "Bypass"
M32 a M35	Não registrados.
M36	Acionamento da primeira gama de velocidade dos eixos
M37	Acionamento da segunda gama de velocidade dos eixos
M38	Acionamento da primeira gama de velocidade de rotação
M39	Acionamento da segunda gama de velocidade de rotação
M40 a M45	Mudanças de engrenagens se usada, caso não use, Não registrados.
M46 e M47	Não registrados.
M48	Cancelamento do G49
M49	Desligando o "Bypass"
M50	Liga sistema de refrigeração numero 3
M51	Liga sistema de refrigeração numero 4
M52 a M54	Não registrados.
M55	Reposicionamento linear da ferramenta 1
M56	Reposicionamento linear da ferramenta 2
M57 a M59	Não registrados
M60	Mudança de posição de trabalho
M61	Reposicionamento linear da peça 1
M62	Reposicionamento linear da peça 2
M63 a M70	Não registrados.
M71	Reposicionamento angular da peça 1
M72	Reposicionamento angular da peça 2
M73 a M89	Não registrados.
M90 a M99	Permanentemente não registrados

Os códigos que estão como não registrados indicam que a norma ISO não definiu nenhuma função para o código, os fabricantes de máquinas e controles tem livre escolha para estabelecer uma função para estes códigos, isso também inclui os códigos acima de M99.

9.4.4 Funções G

G00 - Avanço rápido.



Usada para aproximações e recuos de ferramentas com o avanço mais rápido. a ferramenta desloca-se em linha reta.

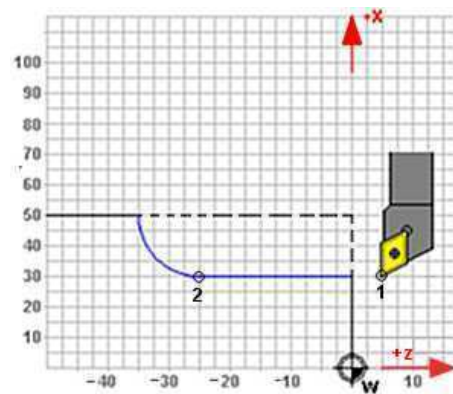
No exemplo⁴ a ferramenta deve deslocar-se para o ponto correspondente ao diâmetro de 50mm e 20mm no eixo Z positivo.

G01 - Interpolação linear.

Esta função é usada para usinar com deslocamento retilíneo da ferramenta. O avanço pode ser programado através da função F.

G01 X30 Z-25 F0.2

No exemplo a ferramenta deslocar-se-á do ponto 1 para o ponto 2 com avanço de 0,2mm/rot.



Interpolação circular G02 e G03. Estas funções são usadas para usinar perfis circulares podendo formar até uma esfera completa.

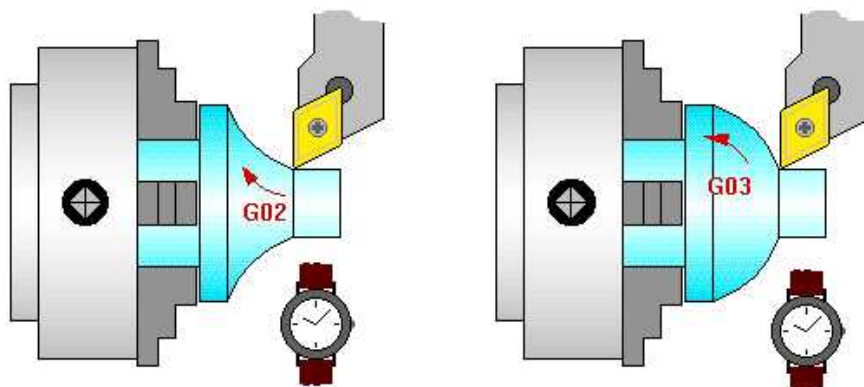
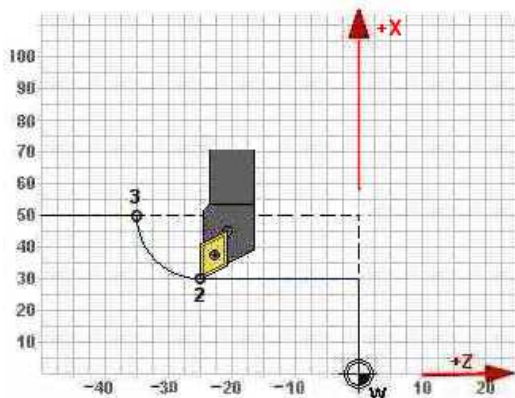


Figura 9.15: G02 e G03.

⁴Nos exemplos dados aqui, considere a peça já desbastada até o perfil aproximado.

G02 - Interpolação circular no sentido horário.

Esta função é usada para gerar arcos, ou seja perfis circulares, no sentido horário. O comando precisa das coordenadas do ponto final e o valor do raio ou das coordenadas do ponto final e das coordenadas do centro.

G02 X50 Z-35 R10 F0.2

No exemplo a ferramenta deslocar-se-á do ponto 2 para o ponto 3 em movimento circular horário com raio de 10mm e avanço de 0,2mm/rot.

O comando também poderia ser escrito as-

sim:

G02 X50 Z-35 K50 I-25 F0.2

Onde K é a coordenada no eixo x e I a coordenada no eixo z do centro do raio.

G03 - Interpolação circular no sentido anti-horário.

Esta função é usada para gerar arcos, ou seja perfis circulares, no sentido anti-horário.

Da mesma forma que o comando anterior precisa das coordenadas do ponto final e o valor do raio ou das coordenadas do ponto final e das coordenadas do centro.

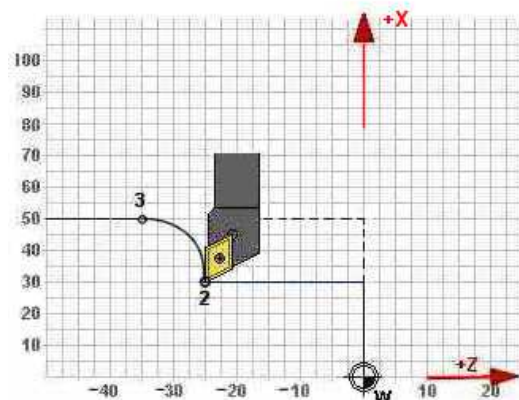
G03 X50 Z-35 R10 F0.2

No exemplo a ferramenta deslocar-se-á do ponto 2 para o ponto 3 em movimento circular anti-horário com raio de 10mm e avanço de 0,2mm/rot.

O comando também poderia ser escrito assim:

G03 X50 Z-35 K30 I-35 F0.2

Onde K é a coordenada no eixo x e I a coordenada no eixo z do centro do raio.



CAPÍTULO 10

ROBÓTICA

10.1 Histórico

Uma das maiores fantasias do homem é construir uma máquina com "Inteligência Artificial" capaz de agir e pensar como ele. No entanto, este desejo esconde em seu subconsciente a vontade de possuir um "escravo metálico" que satisfaça todos os seus desejos, este sonho humano está perto de se tornar realidade com o espantoso avanço da tecnologia.

A palavra robô tem origem da palavra tcheca robotnik, que significa servo, o termo robô foi utilizado inicialmente por Karel Capek em 1923, nesta época a idéia de um "homem mecânico" parecia vir de alguma obra de ficção.

Não é só do homem moderno o desejo de construir tais robôs, existem alguns fatos históricos que nos mostram que a idéia não é nova, por exemplo, existem inúmeras referências sobre o "Homem Mecânico" construído por relojoeiros com a finalidade de se exibir em feiras.

Temos relatos também da realização de várias "Animações Mecânicas" como o leão animado de Leonardo da Vinci, e seus esforços para fazer máquinas que reproduzissem o vôo das aves. Porém estes dispositivos eram muito limitados, pois não podiam realizar mais que uma tarefa, ou um número reduzido delas.

O grande escritor americano de ficção científica Isaac Asimov no seu livro "Eu Robô" estabeleceu as leis para a robótica:

- 1ª lei "Um robô não pode ferir um ser humano ou, por omissão, permitir que um ser humano sofra algum mal"
- 2ª lei "Um robô deve obedecer às ordens dadas pelos seres humanos, exceto se tais ordens estiverem em contradição com a primeira lei"
- 3ª lei "Um robô deve proteger sua própria existência, desde que essa proteção não entre em conflito com a primeira e a segunda leis".

10.2 Robôs manipuladores

O tipo de robô mais utilizado na indústria e nos laboratórios de pesquisa é o robô manipulador. A definição de robô usada pela Associação de Indústrias de Robótica (RIA) é:

“Um robô industrial é um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis programados para a realização de uma variedade de tarefas.”

O tipo mais comum de robô manipulador é o braço mecânico que consiste numa série de corpos rígidos interligados por juntas, que permitem um movimento relativo entre esses corpos. Assemelham-se de uma forma geral à um braço humano, às vezes quase com as mesmas possibilidades de movimento.

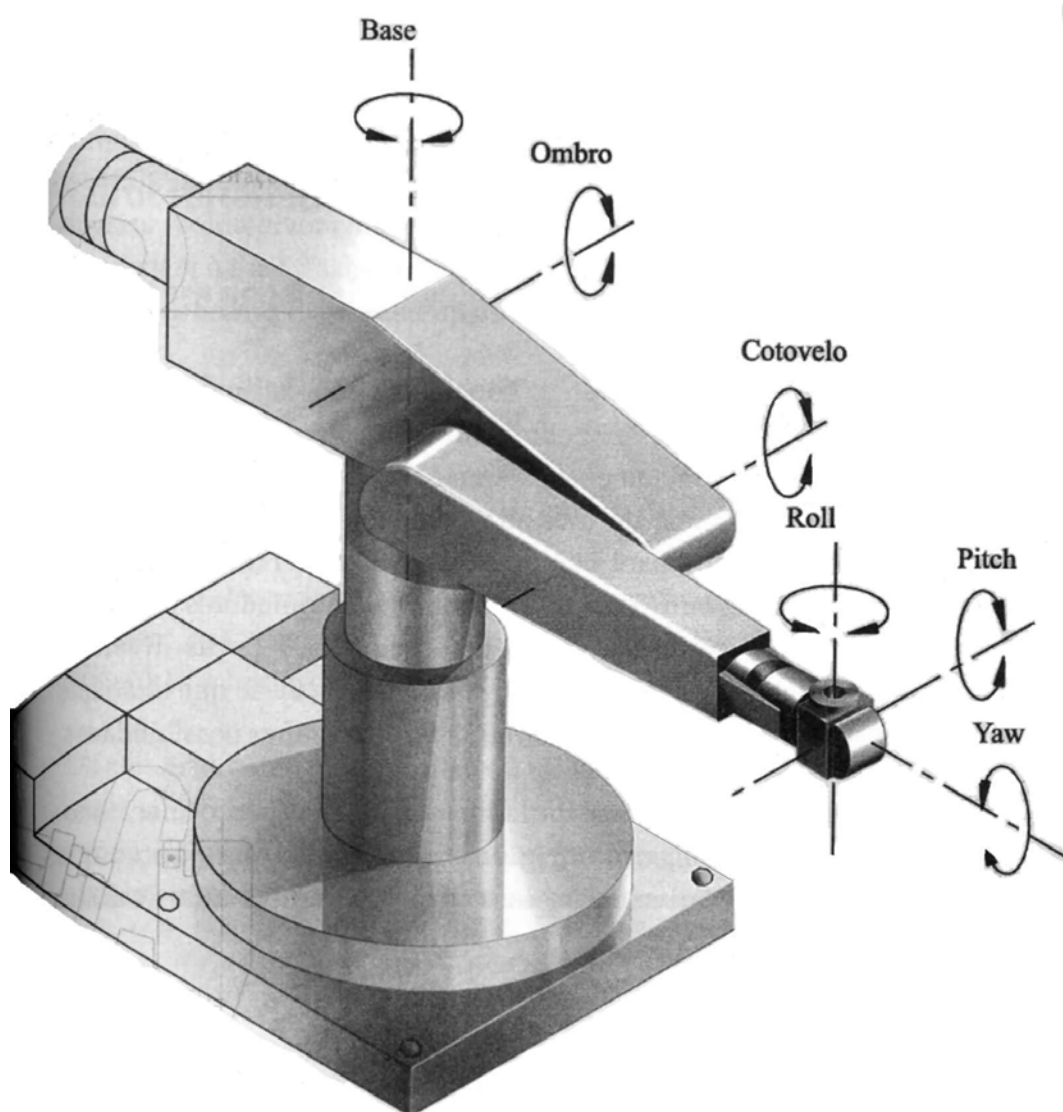


Figura 10.1: Braço mecânico.

10.3 Estruturas dos Robôs Manipuladores

A estrutura de um robô manipulador é constituída basicamente numa série de corpos rígidos denominados *elos (links)*, que podem ter diversos tamanhos e formas.

Os elos estão unidos por juntas que lhes permitem movimentos relativos entre si. Assim, forma-se uma *cadeia cinemática aberta* de elos interligados por juntas.

Geralmente os manipuladores são montados sobre uma base onde o primeiro elo se une através da primeira junta. Esta base pode ser montada sobre uma superfície fixa ou num veículo que lhe permite um deslocamento sobre o local de trabalho.

A extremidade do último elo é chamada de punho, onde normalmente está fixado o efetuador. O tipo de movimento de um elo em relação ao outro depende do tipo de junta que os une.

junta de revolução neste tipo de junta o movimento é de rotação, onde um elo pode girar um determinado ângulo em relação ao outro;

junta prismática neste tipo de junta o movimento é de deslocamento linear, onde um elo se afasta ou aproxima do outro a uma determinada distância.

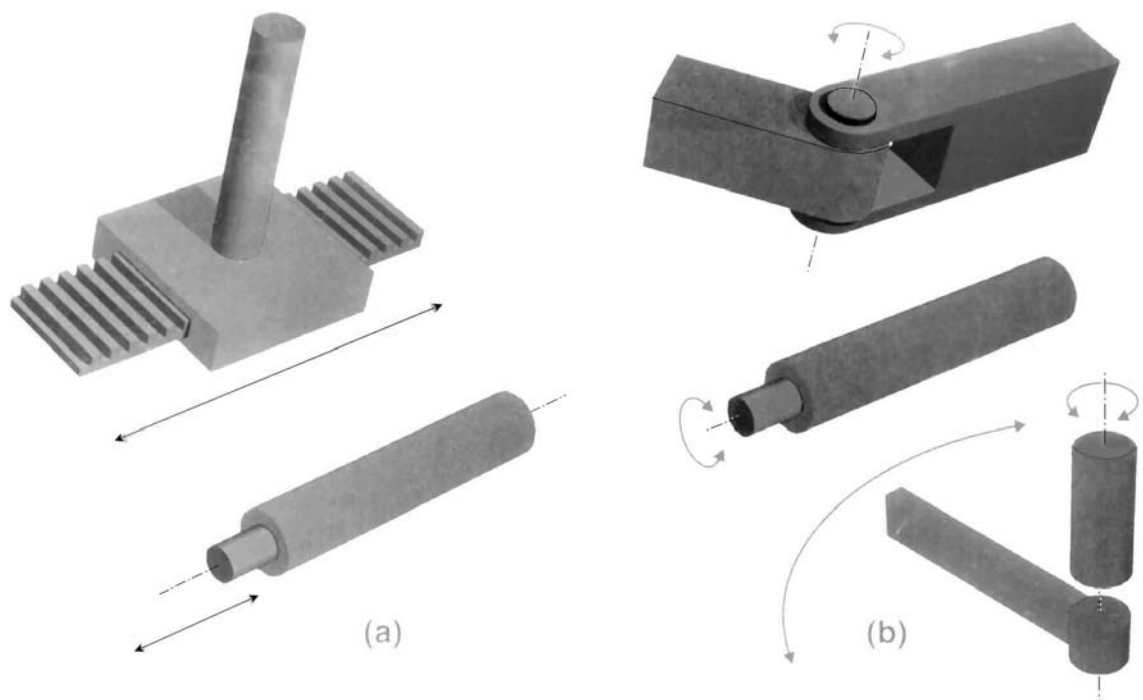


Figura 10.2: a) Juntas prismáticas. b) Juntas de revolução.

As juntas determinam os movimentos possíveis do manipulador. A combinação dos diferentes tipos de juntas e a forma e dimensões dos elos determinam a anatomia do manipulador. Esta anatomia deve levar em consideração sua aplicação específica.

10.4 Graus de liberdade

O número total de juntas do manipulador é chamado de graus de liberdade (DOF - *Degrees Of Freedom*, em inglês).



Figura 10.3: Braço mecânico.

Um manipulador típico possui 6 graus de liberdade sendo três para o posicionamento do efetuador no espaço de trabalho e três para orientar o efetuador de forma a segurar o objeto. A figura mostra os três graus de liberdade necessários para o posicionamento do efetuador.

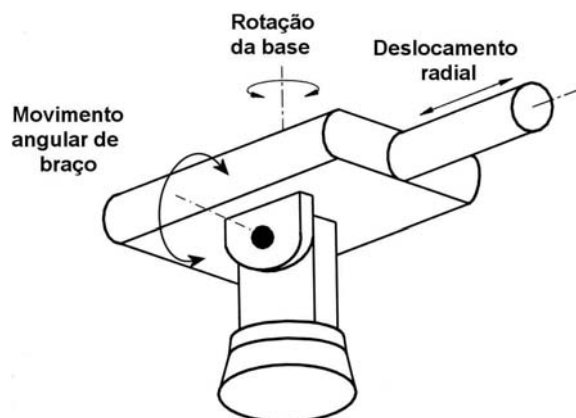


Figura 10.4: Braço mecânico. Três primeiros graus de liberdade.

As últimas três juntas recebem usualmente o nome de punho. Estas juntas têm o objetivo de orientar o efetuador para a tarefa a ser realizada. Por exemplo, uma garra deve estar

devidamente orientada com relação à peça para poder pegá-la convenientemente. Estas juntas são de revolução já que sua função é de orientar o efetuador e não posicioná-lo. Os ângulos que caracterizam o movimento dessas juntas são denominados de “pitch”, “yaw” e “roll”. Estas três juntas têm seus eixos de rotação perpendiculares que permitem ao efetuador orientar-se em qualquer ângulo de rotação, de inclinação para esquerda ou direita e de inclinação para cima ou para baixo.

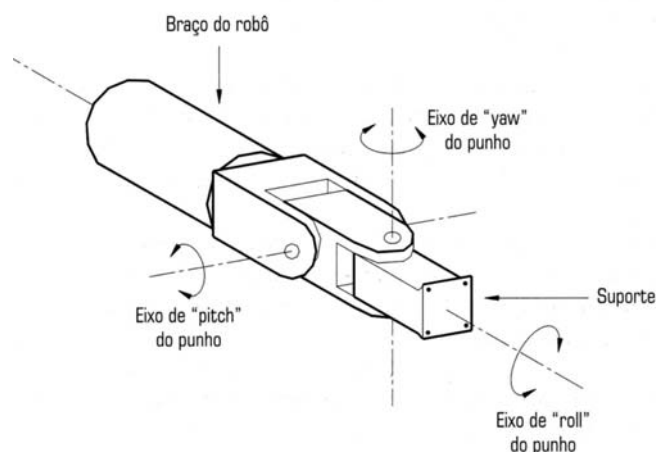


Figura 10.5: Braço mecânico. Três primeiros graus de liberdade.

Na extremidade do punho é fixado o efetuador ou dispositivo destinado a trabalhar sobre o objeto a ser manipulado. Geralmente os punhos dos braços mecânicos, e de outros tipos de manipuladores, permitem a troca do dispositivo efetuador com facilidade, adequando o robô para diferentes tarefas.

10.5 Espaço de trabalho

O espaço de trabalho do manipulador é a região do espaço onde este pode movimentar o efetuador. É definido como o volume total formado pelo percurso da extremidade do último elo(punho) quando o manipulador percorre todas as trajetórias possíveis.

O efetuador geralmente não é considerado na definição deste volume, pois podem variar de forma e tamanho.

O espaço de trabalho depende da anatomia do robô, do tamanho dos elos e dos limites de movimento das juntas.

A posição do punho do manipulador pode ser representada no espaço de trabalho ou no espaço das juntas.

A posição do punho no espaço de trabalho é determinada segundo um sistema de coordenadas cartesiano cuja origem é localizada na base. Assim, a posição do punho é representada no espaço de trabalho por um vetor de três componentes nas direções x , y e z .

A posição do punho no espaço das juntas é representada pelo vetor de coordenadas generalizadas, vetor este, cujas componentes representam a posição de cada junta relativas a uma posição inicial arbitrária.

A configuração física do braço influi na forma e dimensões do espaço de trabalho. Veja na figura abaixo que este volume pode ser uma semiesfera, um cilindro ou um prisma.

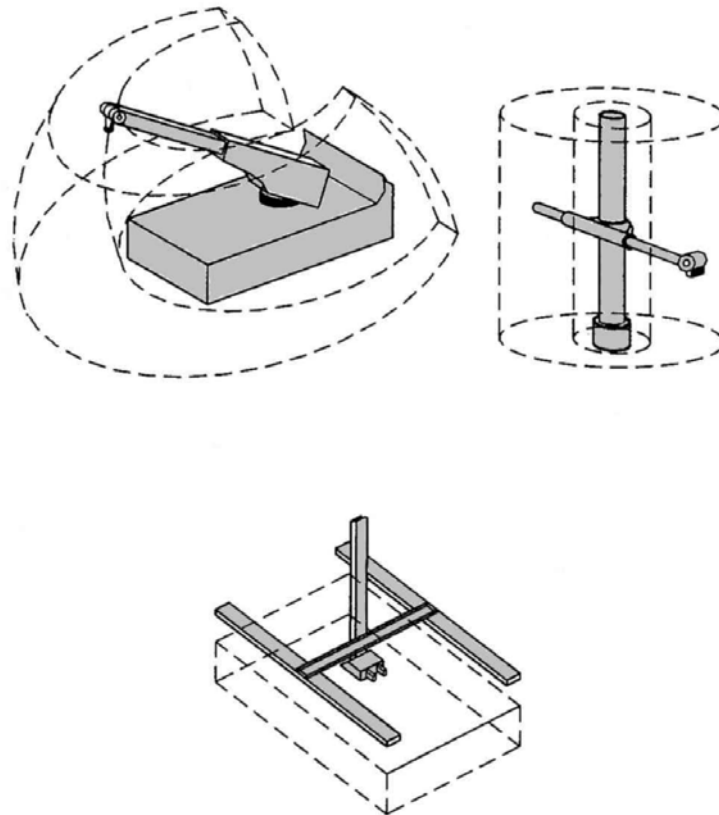


Figura 10.6: Braço mecânico. Espaços de trabalho.

É verdade que nos robôs em geral os limites mecânicos no movimento das juntas produzem um espaço de trabalho com contornos complexos.

10.6 Anatomia dos manipuladores

O robôs manipuladores possuem diversas configurações físicas, ou seja, anatomias. Cada qual com sua aplicação específica. Estas configurações são determinadas pelos movimentos relativos da três primeiras juntas que posicionam o efetador. Estas podem ser prismáticas, de revolução ou uma combinação entre elas. Cada uma das possíveis combinações resulta numa anatomia diferente. A configuração física e a forma do espaço de trabalho não dependem do tamanho dos elos. Seu tamanho influi somente nas dimensões destes. Na maioria dos robôs manipuladores industriais, independentemente do tamanho e formas de seus elos, podemos ter quatro configurações básicas:

1. Cartesiana: coordenadas cartesianas;
2. Cilíndrica: coordenadas cilíndricas;

3. Esférica: coordenadas esféricas ou polares;
4. De revolução: coordenadas de revolução.

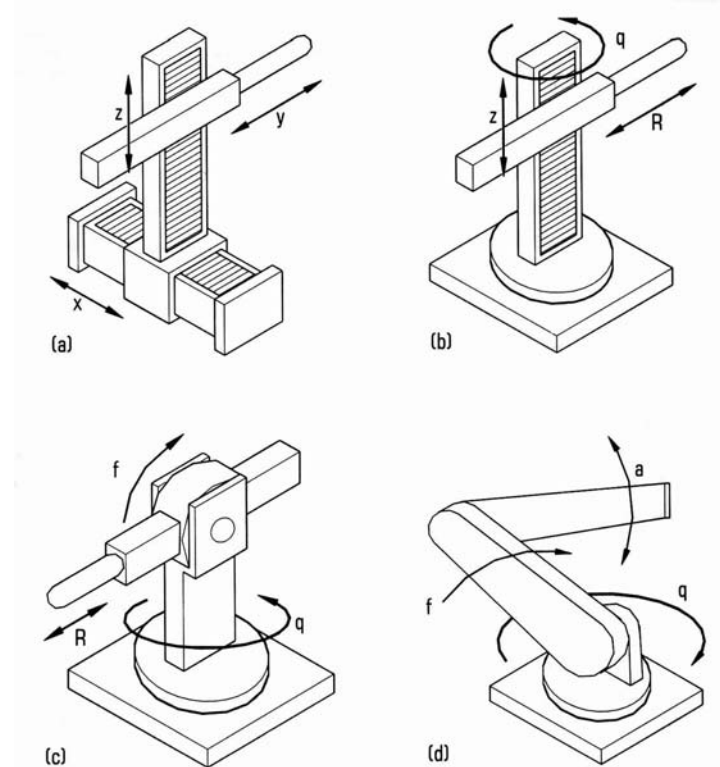


Figura 10.7: Manipuladores de configuração: a)cartesiana; b)cilíndrica; c)esférica; d)de revolução.

10.6.1 Manipuladores Cartesianos

Nos robôs de coordenadas cartesianas, as três primeiras juntas são prismáticas permitindo ao efetuador se deslocar ao longo de três eixos perpendiculares entre si. Neste caso as coordenadas generalizadas (x, y, z) da posição do efetuador no espaço das juntas coincide com a posição do efetuador no espaço de trabalho.

10.6.2 Manipuladores Cilíndricos

Nestes, a primeira junta é de revolução, sendo as duas outras prismáticas. A primeira coordenada generalizada é o ângulo de giro do primeiro elo com respeito à base do robô (θ) . a segunda pela altura com que se eleva o segundo elo com respeito à base (z) . E a terceira é a distância a qual se desloca o terceiro elo com respeito ao segundo (R) . O vetor com as três coordenadas generalizadas para o movimento do manipulador é $[\theta \ z \ R]$. O espaço de trabalho será um cilindro ou parte dele devido às limitações mecânicas nas juntas.

Para transformarmos estas coordenadas nas coordenadas do espaço de trabalho(x,y,z) usamos as seguintes equações:

$$\begin{aligned}x &= R \cos \theta \\y &= R \sin \theta \\z &= z\end{aligned}$$

10.6.3 Manipuladores Esféricos

Nos manipuladores de coordenadas esféricas, as duas primeiras juntas são de revolução e a terceira é prismática. A primeira coordenada generalizada é o ângulo de giro do primeiro elo em relação à base(θ).A segunda é o ângulo de inclinação do segundo elo, ou ombro, com respeito ao primeiro(φ).A terceira corresponde ao afastamento do terceiro elo com respeito ao segundo(ρ).As coordenadas generalizadas que representam os três graus de liberdade para posicionamento do efetuador são definidas pelo vetor $[\theta\varphi\rho]$.

O espaço de trabalho neste tipo de manipulador é uma esfera ou parte de uma esfera já que, devido às limitações mecânicas, nem todos os pontos da esfera poderão ser atingidos.

Para transformarmos estas coordenadas nas coordenadas do espaço de trabalho(x,y,z) usamos as seguintes equações:

$$\begin{aligned}x &= \rho \cos \varphi \cos \theta \\y &= \rho \cos \varphi \sin \theta \\z &= \rho \sin \varphi\end{aligned}$$

10.6.4 Manipuladores de Revolução

São assim chamados porque as três primeiras juntas são de revolução sendo portanto, a três primeiras coordenadas generalizadas, ângulos de rotação.Não existe um padrão para a simbologia destes ângulos. Chamaremos de $[\theta_1\theta_2\theta_3]$.Esta configuração se assemelha aos movimentos do braço humano com a rotação de base, ombro e cotovelo.

Para se conhecer a posição do efetuador é necessário conhecer o valor destas três coordenadas generalizadas e os comprimentos dos elos.

Também neste caso, o espaço de trabalho é esférico. Qualquer ponto dentro do espaço de trabalho pode ser alcançado com facilidade. Porém, um mesmo ponto pode ser alcançado de diversas formas diferentes ficando difícil decidir qual a mais adequada. assim os algoritmos para controle ficam complicados exigindo o uso de microcontroladores.

Para expressar a posição do efetuador no espaço de trabalho pelas coordenadas(x, y, z) através das coordenadas generalizadas $[\theta_1\theta_2\theta_3]$ usamos as equações:

$$\begin{aligned}x &= (l_2 \cos \theta_2 + l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)) \cos \theta_1 \\y &= (l_2 \cos \theta_2 + l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)) \sin \theta_1 \\z &= l_1 + l_2 \sin \theta_2 + l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3)\end{aligned}$$

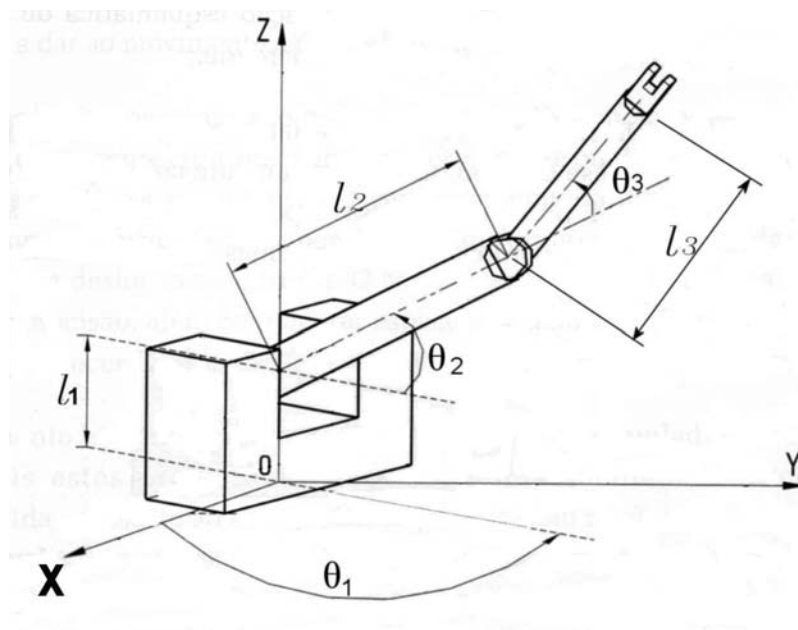


Figura 10.8: Manipulador de revolução.

Índice Remissivo

- ar comprimido, 22
 - central, 22
 - preparação, 24
- atuadores, 28
 - linear, 28
 - rotativo, 31
- Automação, 1
- bomba hidráulica, 51
- circuito pneumático, 37
- circuitos pneumáticos, 41
 - comando de um cilindro de simples ação com uso do elemento OU, 42
 - comando de um cilindro de dupla ação, 42
 - Comando de um cilindro de simples ação, 41
 - controle de velocidade, 43
- CLP, 60
- comando, 5
 - cadeia de, 8
 - sinais, 6
 - analógico, 6
 - digital, 6
- compressores, 22, 23
- encoders, 14
- fluido, 19
- hidráulica, 50
- Jacques Benson, 2
- mecanismo
 - James Watt, 2
- propriedades do ar, 20
- sensores, 10
 - ópticos, 13
 - capacitivos, 12
 - de presença, 10
 - de temperatura, 16
 - indutivos, 13
 - magnéticos, 11
 - mecânicos, 10
 - proximidade, 11
- simbologia, 37
 - posições, 37
 - via, 37
- viscosidade, 52
- válvulas, 33
 - acionamentos, 38
 - alternadora, 34
 - controladoras de fluxo, 34
 - controladoras de pressão, 35
 - de alívio, 35
 - de retenção, 33
 - direcionais, 33
 - simultaneidade, 34